

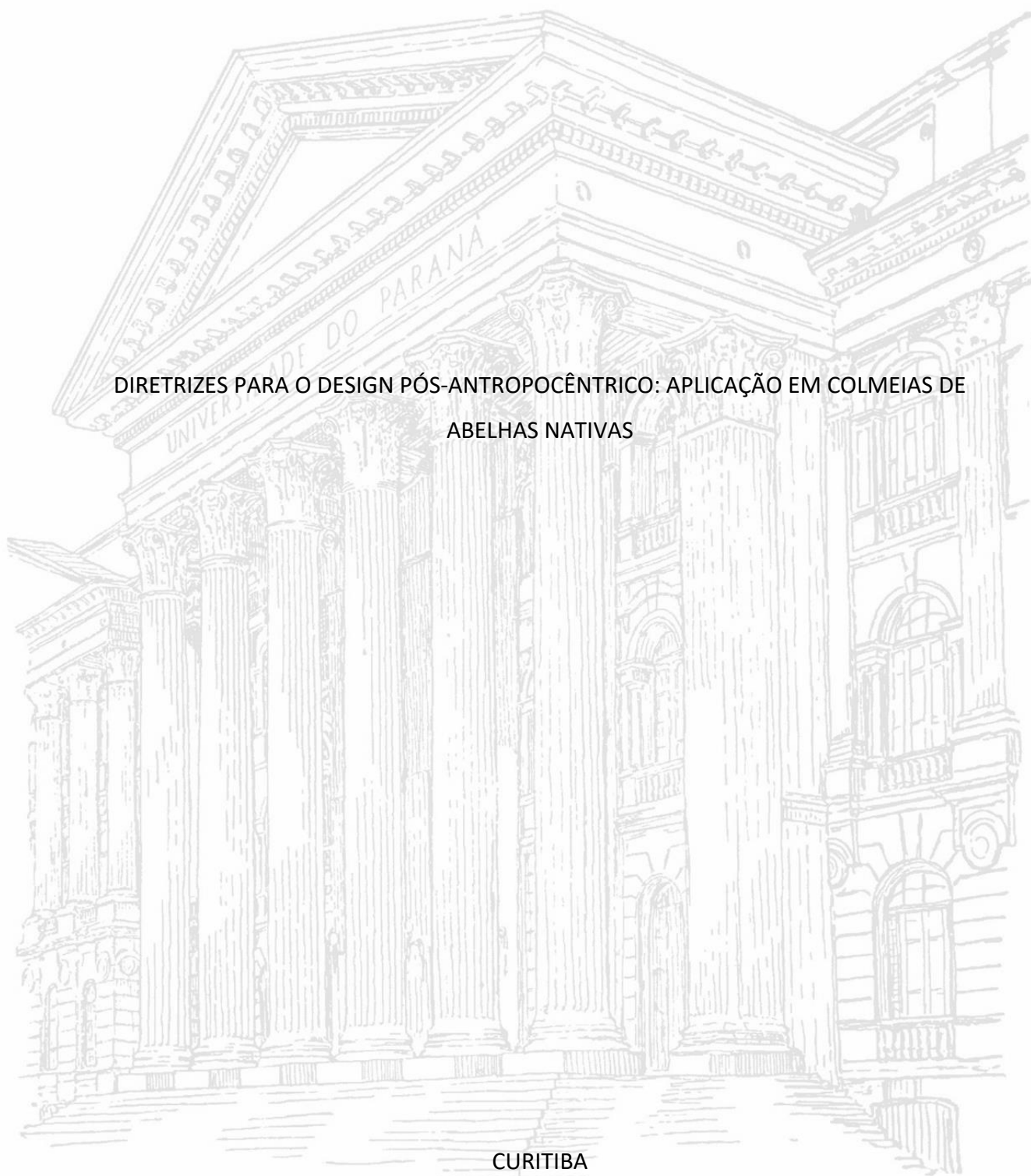
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FELIX VIEIRA VAREJÃO NETO

DIRETRIZES PARA O DESIGN PÓS-ANTROPOCÊNTRICO: APLICAÇÃO EM COLMEIAS DE
ABELHAS NATIVAS

CURITIBA

2021



FELIX VIEIRA VAREJÃO NETO

DIRETRIZES PARA O DESIGN PÓS-ANTROPOCÊNTRICO: APLICAÇÃO EM COLMEIAS DE
ABELHAS NATIVAS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Design do Setor de Artes, Comunicação e Design, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção de título de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Aguinaldo dos Santos, PhD

Curitiba

2021

Catálogo na publicação
Sistema de Bibliotecas UFPR
Biblioteca de Artes, Comunicação e Design/Cabral
(Elaborado por: Sheila Barreto (CRB 9-1242))

Varejão Neto, Félix Vieira.

Diretrizes para o design pós-antropocêntrico: aplicação em colmeias de abelhas nativas./ Félix Vieira Varejão Neto. – Curitiba, 2021.
147 f: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Aguinaldo dos Santos.

Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Artes, Comunicação e Design, Programa de Pós-Graduação em Design, 2021.

1. Design - Sustentabilidade. 2. Design - Pós-antropocêntrico. 3. Abelhas.
I. Título.

CDD 745.2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE ARTES COMUNICAÇÃO E DESIGN
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DESIGN -
40001016053P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em DESIGN da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **FELIX VIEIRA VAREJAO NETO** intitulada: **DIRETRIZES PARA O DESIGN PÓS-ANTROPOCÊNTRICO: APLICAÇÃO EM COLMEIAS DE ABELHAS NATIVAS** sob orientação do Prof. Dr. AGUINALDO DOS SANTOS, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 04 de Fevereiro de 2021.

Assinatura Eletrônica

29/03/2021 14:01:33.0

AGUINALDO DOS SANTOS

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

24/02/2021 22:05:25.0

CLAUDIO PEREIRA DE SAMPAIO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

25/02/2021 14:22:41.0

STEPHANIA PADOVANI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

RUA GENERAL CARNEIRO, 460 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80060-150 - Tel: (41) 3360-5238 - E-mail: ppgdesign@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 77161

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 77161

À minha avó Amélia (*in memoriam*) e aos meus sobrinhos e sobrinhas.

AGRADECIMENTOS

Começo meus agradecimentos pelo professor Aguinaldo dos Santos que como orientador trouxe novas ideias, estímulos, críticas e reflexões que se consolidaram neste documento, e que como colega e amigo ofereceu suporte para que os desafios que minha vida trouxe durante este trajeto não me esmorecessem. Sou grato pela oportunidade de colaborar com os trabalhos no Núcleo de Design & Sustentabilidade, em conjunto aos demais orientados, fortalecendo elos profissionais e humanos relevantes às causas ali abordadas. Gratidão pela entrega e insistência, por acreditar e nos instigar a investigar mais.

Agradeço a professora Stephania Padovani pelo aceite para compor a banca e pelas contribuições irretocáveis durante todo o projeto. O professor Cláudio Pereira Sampaio por aceitar fazer parte da banca e também fornecer contribuições para consolidação desta dissertação. A comunidade de meliponicultores e apicultores de Curitiba, incluindo a Câmara Técnica de Meliponicultura, em especial o professor Hermes Neri Palumbo, a professora Kátia Ostrovski e o Elwino Naser pelos incentivos e entusiasmos.

Gratidão aos colegas de trabalho do Departamento de Design e do Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná que foram e são exemplos incentivadores de como prosperar, especialmente aos professores Alberto Ireneu Puppi e Daniella Rosito Michelena Munhoz que quando chefes do Departamento de Design estimularam o aperfeiçoamento dos servidores. À professora Carolina Calomeno Machado e à Eloiza Dias Albergaria que como colegas tornaram os desafios cotidianos mais leves.

Grato aos amigos Lucas, Bonny, Bella, Kadije, Dede, Jade, Mariama, Amali, Douglas, Marcela, Haroldo, Julia e Bruno pela escuta ativa e fraterna. Aos colegas amigos do Núcleo de Design & Sustentabilidade, Mariana, Aline, Jonathan, Emanuela, Thaís, Marcela, Gabriel, Milena, Danda e Valkiria pelo compartilhamento de experiências e momentos únicos de nossas vidas. Aos professores e colegas do PPGDesign-UFPR. Obrigado à minha família pelo suporte material e emocional, em especial aos meus pais, Lúcia e Félix.

Obrigado aos trabalhadores da Educação e Ciência no Brasil, que contribuem de forma direta ou indireta para que as pesquisas prosperem.

RESUMO

A presente dissertação trata da investigação dos princípios gerais para um Design pós-antropocêntrico, voltado ao tratamento equânime de todas as formas de vida. Buscou-se, também, identificar o papel que a Fabricação Digital e a Internet das Coisas podem assumir no desenvolvimento de soluções integrando este novo paradigma. A pesquisa foi realizada utilizando como métodos de pesquisa a *Action Design Research* e a *Survey*. O foco da pesquisa de campo foram as abelhas nativas presentes no meio urbano, mais especificamente a abelha Jataí (*Tetragosnisca angustula angustula*). Durante a *Action Design Research* foram realizados oito ciclos de ação ao longo do processo de desenvolvimento de um artefato (colmeia), incluindo uma implantação piloto e a disseminação dos resultados junto à comunidade. O resultado ao final destes ciclos é a proposição de uma lista de princípios gerais para um Design Pós-Antropocêntrico, bem como meta-requisitos para o projeto de colmeias para abelha Jataí. A *Survey* buscou identificar o estado da oferta de soluções *IoT* para abelhas, possibilitando identificar as principais lacunas de inovação em se tratando de sua aplicação na meliponicultura.

Palavras-chave: Abelhas Sem Ferrão. Design Pós-antropocêntrico. Meio ambiente urbano. Design para a Sustentabilidade. Fabricação Digital. Internet das Coisas

ABSTRACT

*This dissertation deals with the investigation of the general principles for a post-anthropocentric Design, aimed at the equal treatment of all forms of life. We also sought to identify the role that Digital Fabrication and the Internet of Things can play in the development of solutions integrating this new paradigm. The research was carried out using Action Design Research and Survey as research methods. The focus of the field research was the native bees present in the urban environment, more specifically the Jataí bee (*Tetragosnisca angustula angustula*). During Action Design Research, eight cycles of action were carried out throughout the process of developing an artifact (hive), including a pilot implantation and the dissemination of the results to the community. The result at the end of these cycles is the proposition of a list of general principles for Post-anthropocentric Design, as well as meta-requirements for the design of hives for Jataí bee. The Survey sought to identify the state of the offer of IoT solutions for bees, making it possible to identify the main innovation gaps when it comes to their application in meliponiculture.*

Keywords: *Stingless Bees. Post-anthropocentric Design. Urban Environment. Design for Sustainability. Digital Fabrication. Internet of Things.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1. Alimentador de Pássaros (Fonte: Gupta (2014))	1
FIGURA 1.2. Filogenia de algumas espécies da ordem Hymenoptera (elaborado pelo autor, com base em Maddison e Schulz (2007), Rasmussen e Cameron (2007), Oliveira et al. (2009) Melo (2011), Oliveira (2013) e Nascimento et al. (2019), para mais informações, vide ANEXO I)	5
FIGURA 1.3. Projeções para o aquecimento global, sujeita ao êxito das nações em cumprir suas metas de redução de emissões de gases (Fonte: IPCC, 2019, p. 9)	8
FIGURA 1.4. Método de Action Design Research: Estágios e Princípios (elaborado pelo autor, com base em SEIN (2011, p. 41))	13
FIGURA 2.1. Ilustração da capa do livro “Utriusque cosmi [...] historia” de Robert Fludd de 1617, com o homem ao centro do cosmos	16
FIGURA 2.2. Mudanças de escala e escopo do Design (Fonte: Costa (2019, p. 50))	24
FIGURA 2.3. Perspectivas Alternativas: Antropocentrismo vs. Biocentrismo (baseado em Chase (2014))	25
FIGURA 2.4. Estrutura de Inovação em Design para a Sustentabilidade (traduzido pelo autor, com base em Ceschin e Gaziulusoy (2020))	28
FIGURA 2.5. Uma comparação dos paradigmas de produção e seus principais atores (tradução do autor, com base em Cheng et al. (2015))	35
FIGURA 2.6. Sensores de IoT aplicáveis às colmeias de meliponíneos (Fonte: o autor)	39
FIGURA 3.1. Estratégia Geral de Desenvolvimento da Pesquisa (Fonte: o autor)	47
FIGURA 3.2. Ciclo da Pesquisa Ação (elaborado pelo autor, com base em Tripp (2005)) ...	49
FIGURA 3.3. Lógica da Design Science Research (elaborado pelo do autor, com base em Vaishnavi et al. (2004))	50
FIGURA 3.4. Etapas do ciclo de Design Science Research (elaborado pelo autor, com base em SANTOS, 2018)	53
FIGURA 4.1. Distribuição esquemática dos meta-requisitos no “meta-produto”	64
FIGURA 4.2. Sugestão de parede dupla para redução de perda de calor por condução e consequente elevação de eficiência térmica	68
FIGURA 4.3. Sugestão de uso de uma camada de acetato entre os módulos preparando o espaço para o fechamento, evitando esmagamento de abelhas	69

FIGURA 4.4. Sugestão de uso de um acessório semelhante a um guarda-chuvas que poderia ser removido quando desnecessário	70
FIGURA 4.5. Dispositivos de design vernacular para a proteção contra predadores como insetos, lagartixas e pássaros	71
FIGURA 4.6. Proposta de armadilha contra forídeos, inseto predador que acometem as colmeias	72
FIGURA 4.7. Proposta para integração da função isca ao produto final.....	73
FIGURA 4.8. Seis alternativas mais votadas, a pré-seleção	76
FIGURA 4.9. Painéis semânticos Gravity, Meu Vaso, e Bee, da esquerda para a direita	78
FIGURA 4.10. Alternativa 1, selecionada final dentre as mais bem pontuadas na matriz de seleção	79
FIGURA 4.11. Alternativa 1 para a forma externa da colmeia	81
FIGURA 4.12. Primeiras imagens da modelagem 3D do produto	82
FIGURA 4.13. Primeiras imagens da impressão 3D do produto na escala 1:2.....	85
FIGURA 4.14. Contação da história do projeto, apoiada em ilustrações, realizada pela Profa. Stephania.....	88
FIGURA 4.15. Félix Varejão faz a apresentação do protótipo funcional às crianças	89
FIGURA 4.16. Abelhinha com seu rosto desenhado pelas crianças	90
FIGURA 4.17. O protótipo da colmeia recém colorida pela pequena Diana	93
FIGURA 4.18. A colmeia Amelinha ocupando o lugar de outra colmeia para coletar suas campeiras.....	95
FIGURA 4.19. Amelinha assentada seu suporte na Escola Terra Firme.....	96
FIGURA 4.20. Pito de entrada da Amelinha com pleno fluxo de Jataís	97
FIGURA 4.21. Amelinha foi agasalhada pelas crianças para superar o frio do inverno	98
FIGURA 4.22. Cartaz de divulgação do evento A Gosto das Abelhas	102
FIGURA 4.23. Carimbo e adesivo distribuídos às crianças visitantes no evento A Gosto das Abelhas	103
FIGURA 4.24. “Passaporte da Melipolândia”, souvenir distribuído às crianças visitantes no evento A Gosto das Abelhas	104
FIGURA 4.25. Registro das crianças visitantes no evento A Gosto das Abelhas.....	105
FIGURA 4.26. Lista de requisitos revisado	106

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1. Resultado do refinamento da busca bibliográfica à base SCOPUS.....	45
QUADRO 3.2. Formulário para coleta de dados de dispositivos IoT para abelhas (Fonte: o autor)	52
QUADRO 3.3. Síntese de atividades descritas em literatura, para avaliação da afinidade da aplicação em fases distintas (elaborado pelo autor, baseado em NOGUEIRA NETO (1997), VILLAS-BÔAS (2012), BARROS (2013) e PALUMBO (2015))	54
QUADRO 3.4. Matriz para avaliação da afinidade entre atividades da meliponicultura e sensores em IoT (Fonte: o autor)	55
QUADRO 4.4. Matriz de seleção de alternativas, com as pontuações por requisito	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contexto da Dissertação	1
1.2. Problematização	2
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Principal	6
1.3.2. Secundário	6
1.4. Pressupostos	6
1.5. Justificativa	7
1.6. Delimitação	11
1.7. Visão Geral do Método	12
1.8. Estrutura Geral da Dissertação	14
2. DESIGN PÓS-ANTROPOCÊNTRICO	15
2.1. Contexto Filosófico	15
2.2. O antropoceno e o pós-humanismo	19
2.3. Superação do viés antropocêntrico no Design	23
2.3.1. Design Pós-antropocêntrico.....	23
2.3.2. Esboço inicial para os Princípios do Design Pós-antropocêntrico	29
2.4. Desafios para um Design Pós-Antropocêntrico no Meio Urbano.....	30
2.5. O caso das abelhas nativas.....	32
2.5.1. A Subfamília Meliponíneos	32
2.5.2. Potencial das tecnologias digitais emergentes na proteção das abelhas nativas.....	33
2.5.2.1. Contexto	33
2.5.2.2. Fabricação Digital e Open Source Design	34
2.5.2.3. Internet das Coisas (IoT)	36
2.6. IoT e a Meliponicultura	37
2.6.1. O Contexto da Meliponicultura.....	37
2.6.2. Caracterizando as contribuições potenciais específicas da tecnologia IoT.....	39
2.7. Discussão	42
3. MÉTODO DE PESQUISA	44
3.1. Caracterização do Problema	44
3.2. Seleção do Método de Pesquisa	46

3.3. Estratégia de Desenvolvimento da Pesquisa.....	47
3.4. Unidade de Análise	48
3.5. Protocolo de Coleta de Dados.....	48
3.5.1. Coleta de Dados na Action Design Research (Fase II).....	48
3.5.2. Coleta de Dados na Survey - Fase IV	51
3.5.2.1. Critério de Seleção da Amostra - Fase IV	51
3.5.2.2. Instrumento de Coleta de Dados da Survey - Fase IV.....	51
3.6. Estratégia de Análise.....	52
3.6.1. Estratégia de Análise da Action Design Research - Fase II.....	52
3.6.2. Estratégia de Análise da Survey	54
4. RESULTADOS E ANÁLISE.....	57
4.1. Contexto do Projeto Colmeias Urbanas	57
4.1.1. Ciclo 01: Determinação de meta requisitos para o projeto da colmeia para Abelha Nativa.....	58
4.1.1.1. Planejamento - Ciclo 01	58
4.1.1.2. Ação - Ciclo 01.....	59
4.1.1.3. Observação - Ciclo 01.....	60
4.1.1.4. Reflexão - Ciclo 01.....	64
4.1.2. Ciclo 02: Geração de alternativas (e validação dos meta-requisitos levantados).....	67
4.1.2.1. Planejamento - Ciclo 02	67
4.1.2.2. Ação - Ciclo 02.....	67
4.1.2.2.1. Requisito C - Possuir bom desempenho térmico, garantindo uma flutuação térmica entre 30 e 36°C em seu interior	67
4.1.2.2.2. Requisito G - Possuir abertura simples, de forma a reduzir danos nas estruturas internas e não maltratar as abelhas	68
4.1.2.2.3. Requisito H - Propiciar proteção contra ventos e chuvas, sobretudo as dirigidas, impedindo acúmulo de água e inundação	69
4.1.2.2.4. Requisitos J - Propiciar proteção contra invasores e/ou predadores (forídeos, aranhas, lagartixas, passarinhos, entre outros).....	70
4.1.2.2.5. Requisitos S - Integrar armadilha para forídeos, para uso com solução avinagrada, entre tampa superior do produto e a melgueira.....	71

4.1.2.2.6. Requisito V - Permitir a aplicação de feromônios atrativos para abelhas agregar a função de armadilha ao produto.....	72
4.1.2.3. Observação - Ciclo 02.....	73
4.1.2.4. Reflexão - Ciclo 02.....	74
4.1.3. Ciclo 03: Seleção das alternativas e desenvolvimento do conceito	75
4.1.3.1. Planejamento - Ciclo 03	75
4.1.3.2. Ação - Ciclo 03.....	75
4.1.3.3. Observação - Ciclo 03.....	80
4.1.3.4. Reflexão - Ciclo 03.....	80
4.1.4. Ciclo 04: Refinamento e desenvolvimento da alternativa.....	80
4.1.4.1. Planejamento - Ciclo 04	80
4.1.4.2. Ação - Ciclo 04.....	81
4.1.4.3. Observação - Ciclo 04.....	83
4.1.4.4. Reflexão - Ciclo 04.....	83
4.1.5. Ciclo 05: Prototipagem.....	84
4.1.5.1. Planejamento - Ciclo 05	84
4.1.5.2. Ação - Ciclo 05.....	84
4.1.5.3. Observação - Ciclo 05.....	85
4.1.5.4. Reflexão - Ciclo 05.....	86
4.1.6. Ciclo 06: Co-criação com crianças	87
4.1.6.1. Planejamento - Ciclo 06	87
4.1.6.2. Ação - Ciclo 06.....	88
4.1.6.3. Observação - Ciclo 06.....	90
4.1.6.4. Reflexão - Ciclo 06.....	91
4.1.7. Ciclo 07: Validação em campo	92
4.1.7.1. Planejamento - Ciclo 07	92
4.1.7.2. Ação - Ciclo 07.....	92
4.1.7.3. Observação - Ciclo 07.....	96
4.1.7.4. Reflexão - Ciclo 07.....	100
4.1.8. Ciclo 08: Disseminação de resultados - evento "A Gosto das Abelhas"	101
4.1.8.1. Planejamento - Ciclo 08	101
4.1.8.2. Ação - Ciclo 08.....	102

4.1.8.3. Observação - Ciclo 08.....	105
4.1.8.4. Reflexão - Ciclo 08.....	105
4.1.9. Considerações finais sobre Action Design Research	106
4.2. Desenvolvimento de dispositivos <i>IoT</i> à Meliponicultura a partir de dispositivos <i>IoT</i> já existentes voltados a Apicultura	109
4.2.1. Visão geral dos resultados	109
4.2.2. Análises dos resultados.....	113
5. CONCLUSÃO.....	115
5.1. Considerações Finais.....	115
5.2. Considerações sobre o Método de Pesquisa	116
5.3. Sugestões para Pesquisas Futuras	117
REFERÊNCIAS	119
SIGLAS.....	130
GLOSSÁRIO	131
ANEXO I	132

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto da Dissertação

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Núcleo de Design & Sustentabilidade, grupo de pesquisa vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná (PPGDesign-UFPR). Seu conteúdo tem como principal fonte de dados e informações o Projeto Colmeias Urbanas, iniciado em junho de 2017, cujo propósito inicial foi o de desenvolver soluções para proteção de abelhas nativas no meio urbano com uso de Fabricação Digital e do *Open-Source Design*.

A inspiração original do projeto parte do livro “*Landscape of Love*” do Prof. Dr. Anil Gupta, do IIT de Ahmedabad, Índia. Naquele livro Gupta (2014) apresenta levantamento fotográfico realizado pelo mesmo acerca de ações do ser humano visando a proteção e bem-estar de outros seres vivos (vide imagem a seguir).



Let parrots have their way -, Ahmedabad, Gujarat

FIGURA 1.1. Alimentador de Pássaros (Fonte: Gupta (2014))

O Projeto Colmeias Urbanas envolveu no seu desenvolvimento inicial uma equipe multidisciplinar de professores da UFPR e especialistas na área ambiental e de meliponicultura da Região Metropolitana de Curitiba, além de alunos da graduação em Design da UFPR e o autor da presente dissertação.

1.2. Problemática

A definição convencional de desenvolvimento sustentável integra um paradigma antropocêntrico de sociedade quando o define como aquele que “...satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (ONU, 1987). Ao ser reescrita de forma a superar o viés antropocêntrico esta definição de desenvolvimento sustentável poderia ser redigida como aquele que “...satisfaz de forma equânime as necessidades presentes de todos os seres vivos, sem comprometer que as gerações futuras de todos os seres vivos possam suprir suas próprias necessidades”. A presente dissertação insere-se em uma perspectiva de Design pautada por este novo paradigma de desenvolvimento sustentável.

Acosta e Romeva (2010) argumentam que há um paradigma antropocêntrico no campo do Design que reflete na atuação de seus profissionais. Este paradigma tem raízes históricas profundas e lógica entrelaçada nas estruturas econômicas, sociais e políticas que apoiam e promovem o próprio Design. O paradigma, prevalente, assume o meio ambiente como fonte inesgotável de recursos que podem ser explorados e dominados para o benefício da espécie humana, omitindo ou ignorando as consequências deste processo à biosfera (ACOSTA e ROMEVA, 2010).

Em um contexto de reconhecimento do vínculo de parte significativa das mudanças climática aos padrões de consumo e produção humanos, o desenvolvimento de soluções de Design que desconsideram seus impactos ampliados a todos os seres vivos, tanto no ambiente presente como no ambiente futuro, não pode ser considerado como uma alternativa plausível. Paradoxalmente, considerar de forma holística estes impactos é relevante para a sobrevivência da própria espécie humana. O próprio Estado sendo signatário do Acordo de Paris, reconhece os impactos globais das ações humanas no meio ambiente (ONU, 2015).

O desenvolvimento de soluções verdadeiramente sustentáveis requer a consideração de forma holística da necessidade de sobrevivência e bem-estar de todos os entes vivos e o ambiente natural. Tal perspectiva pressupõe um paradigma projetual severamente contrastante com abordagens que convencionalmente vem fundamentando a atividade profissional do Designer, contexto em que a adoção de posturas cornucopianas muitas vezes sequer é questionada. O cornucopinismo, conforme Garrard (2006, p. 33), se sustenta em teorias econômicas tradicionais que defendem o contínuo crescimento econômico e o livre mercado em detrimento a argumentos ecológicos sobre os limites da biosfera em suportar a pressão das atividades humanas. Portanto, o cornucopianismo desconsidera os desequilíbrios ambientais que a ação humana desmedida tem causado no planeta, abrindo espaço a uma percepção utilitarista da natureza e seus recursos.

O próprio termo *triple botton line*, traduzido ao português como as três dimensões da sustentabilidade, ou ainda, como tripé da sustentabilidade, também vem demonstrando seu viés antropocêntrico. Cunhado em 1993, por John Elkington, originalmente buscava causar um deslocamento de uma percepção utilitarista no universo empresarial para outra integradora da economia, sociedade e do meio ambiente. Contudo, após 25 anos da proposição do termo, Elkington (2018) admite a necessidade de sua revisão, tendo em vista que o conceito falhou no propósito de enterrar uma percepção meramente contábil, portanto antropocêntrica, dos problemas sociais e ambientais ocasionados pelas atividades econômicas humanas (ELKINGTON, 2018).

O antropocentrismo persiste em proposições para o desenvolvimento sustentável, quando apoiadas na definição convencional de sustentabilidade, um viés que tem minado a efetividade de tais proposições. Soluções de Design verdadeiramente sustentáveis devem considerar de forma equilibrada as três dimensões, não um *triple bottom line* meramente contábil, mas analisando holisticamente a integração entre a sociedade humana e suas atividades econômicas com os seres vivos e o ambiente natural. É sob esta perspectiva que se observa de forma emergente a busca por abordagens de Design que considerem uma nova ética, lógica e estética que resulte nesta perspectiva holística. Trata-se de uma perspectiva de atuação do Designer que considera a evolução da área na era pós-industrial. Há uma miríade de denominações deste novo paradigma, e a fim de se unificar as

terminologias neste documento o novo paradigma será denominado Design Pós-antropocêntrico, ainda assim, as demais terminologias não serão suprimidas.

Design Pós-antropocêntrico é definido nesta dissertação como aquele orientado, conforme se evidenciará no decorrer desta dissertação, pelos seguintes princípios: **Bioinclusivo**, que visa incluir ativamente os não humanos como parte interessada em projetos de Design; **Mútuos Devires**, que visa a observação e aprendizado com os não humanos, compreendendo seus processos e transformações; **Bio-Sinérgico**, que direciona energia aos não humanos, buscando um reequilíbrio sinérgico no sistema vivo; **Bioprioritário**, que prioriza demandas não humanas, se esforçando para identificar e reavaliar a necessidade de se manter demandas estritamente humanas; **Bioequitativo**, que reavalia e sopesa as demandas das partes interessadas, afastando a primazia da humanidade em detrimento aos demais seres vivos; e **Bio-Rizomático**, que enfrenta o fato que todos os seres vivos do planeta Terra compartilham o mesmo meio ambiente e seus recursos.

Ceschin e Gaziulusoy (2020) através do livro *Design for Sustainability - A Multi-level Framework from Products to Socio-technical Systems* organizam a discussão sintetizando visualmente evolução do campo do DfS numa estrutura multinível de abordagens que vão desde o simples produto isolado até os complexos sistemas sociotécnicos. Os autores admitem em sua conclusão as limitações das abordagens de Design para a Sustentabilidade, havendo a necessidade de se avançar para além do limiar atual, adentrando ao nível do sistema sócio-técnico-ecológico. Enquadram o desafio posto a este novo paradigma para atuação do Design, colocando as demandas holísticas do planeta Terra como foco central. Propõem que o Design realize contribuições efetivas à busca pela harmonia entre e para todas as formas de vida, o que os autores denominam como *earth-centric design* (CESCHIN e GAZIULUSOY, 2020).

Apesar da importância do tema há ainda pouco conhecimento sobre como operacionalizar sua aplicação em contextos reais. É possível, entretanto, identificar um arcabouço teórico em ascensão. As lacunas na temática incluem a estruturação e articulação das abordagens do Design Pós-antropocêntrico, necessitando ainda de se estabelecer critérios, criação de ferramentas e elaboração de um repertório amplo de casos práticos para subsidiar o ensino e a atuação de profissionais da área.

Para estudar o tema a presente dissertação tem como objeto de pesquisa a espécie *Tetragonisca angustula angustula*. Trata-se de uma espécie de abelhas da subfamília Meliponíneos (sem ferrão ou, com ferrão atrofiado), que está presente desde o México até a Argentina.

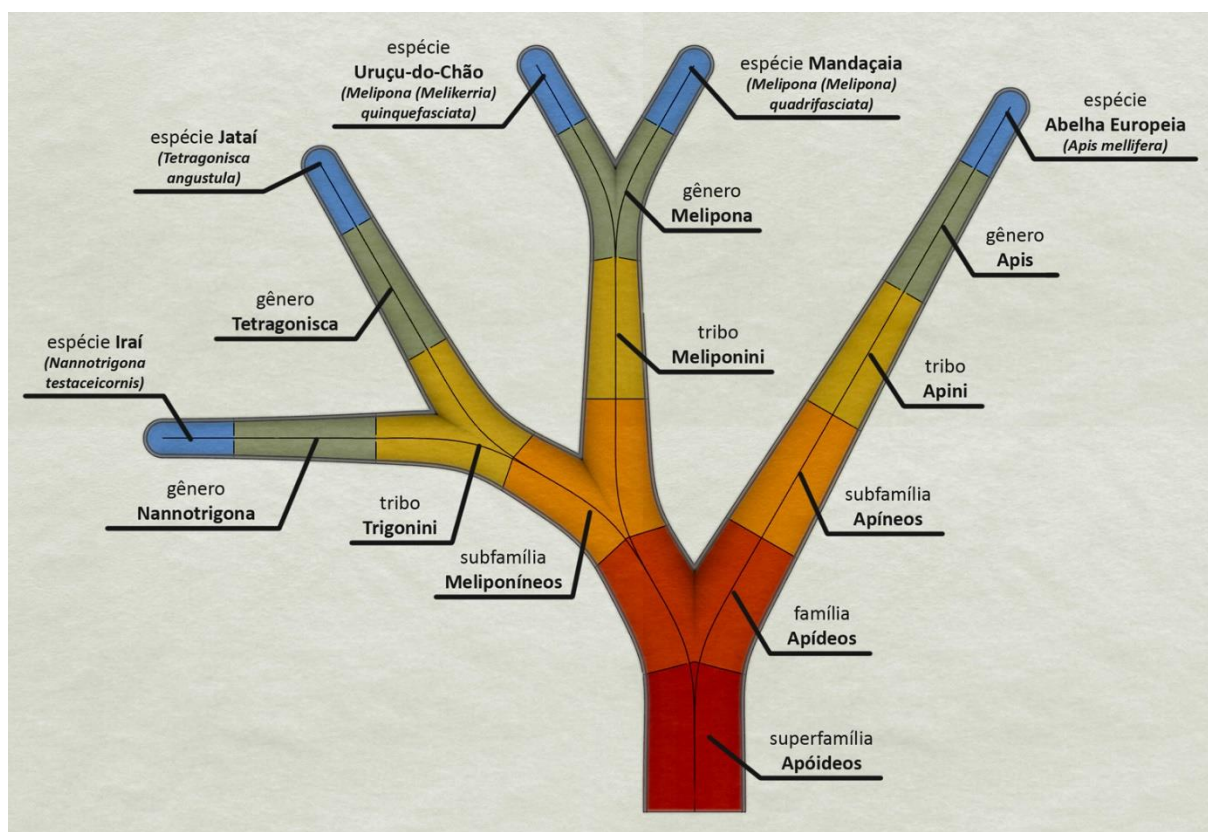


FIGURA 1.2. Filogenia de algumas espécies da ordem Hymenoptera (elaborado pelo autor, com base em Maddison e Schulz (2007), Rasmussen e Cameron (2007), Oliveira et al. (2009) Melo (2011), Oliveira (2013) e Nascimento et al. (2019), para mais informações, vide ANEXO I)

Pesquisas sobre abelhas selvagens nas cidades têm mostrado que diversas populações de abelhas vivem em paisagens urbanas (JAFFE *et al.* 2010; PLEASANTS e OBERHAUSER, 2013; GOULSON *et al.* 2015). Assim, no intuito de contribuir com a consolidação da operacionalização de paradigmas pós-antropocêntricos no desenvolvimento de soluções de Design, e endereçando a resposta às abelhas nativas, a presente dissertação procura responder a pergunta: **Como desenvolver soluções de Design para a Sustentabilidade através de um paradigma pós-antropocêntrico?**

1.3. Objetivos

1.3.1. Principal

Por meio do desenvolvimento de soluções para a proteção de abelhas da subfamília Meliponíneos no meio urbano, propor diretrizes para o Design Pós-antropocêntrico.

1.3.2. Secundário

Os objetivos secundários da presente dissertação são:

- Determinar diretrizes para o uso da Fabricação Digital em projeto de soluções pós-antropocêntricas passíveis de produção de forma distribuídas, com foco nas abelhas da subfamília Meliponíneos;
- Determinar meta-requisitos para o projeto de Colmeias para abelhas nativas voltadas à Fabricação Digital, com vistas ao Design Aberto (*open-source design*);
- Caracterizar as oportunidades de inovação através da utilização da Internet das Coisas (*IoT*) em produtos e serviços voltados à meliponicultura.

1.4. Pressupostos

Assume-se nesta dissertação que a base de conhecimento para o projeto de produtos voltados à fauna e flora tem em sua natureza parâmetros oriundos do saber tradicional e técnico-científico que têm em sua constituição elementos intrinsecamente antropocêntricos. Ainda assim, estes conhecimentos têm grande relevância e devem ser utilizados como ponto de partida para subsidiar o Design de soluções pós-antropocêntricas. Compreende-se que a pesquisa deverá mostrar a necessidade de ajuste ou, até mesmo, a supressão de características em parâmetros derivados deste saber tradicional e técnico-científico na elaboração dos requisitos.

Compreende-se “diretrizes” como enunciados que direcionam as ações com vistas à(s) meta(s) num campo, e, portanto, definem atitudes. Entende-se que apesar de “princípios” e “diretrizes” possuírem uma zona de compreensão comum, tais conceitos se distinguem por

aspectos generalistas nos “princípios”, o que lhe confere a característica de fundamentar seu campo de ação, sem necessariamente se vincular à ação em tal campo, o que caracteriza as “diretrizes”.

Pressupõe-se, também, que a maior amplitude das possibilidades projetuais propiciadas pela Fabricação Digital e Internet das Coisas (*IoT*) podem contribuir no desenvolvimento de soluções que efetivamente favoreçam a melhor “qualidade de vida” para as abelhas nativas (ex.: aspectos térmicos, grau de esforço, escassez de alimentos, etc.).

Finalmente, entende-se ainda que a gama de produtos *IoT* disponíveis comercialmente para o manejo de abelhas são concebidos para exploração da cadeia produtiva das abelhas, portanto para espécies abelhas mais comercialmente viáveis, o que acaba por comprometer ou até mesmo impedir adaptações para seus usos com as demais espécies de abelhas existentes.

1.5. Justificativa

O paradigma antropocêntrico de sociedade tem permeado o desenvolvimento observado nos últimos séculos, desequilibrando a relação entre a humanidade e a natureza, fato comprovado, por exemplo, pelo declínio da biodiversidade global nos últimos 50 anos: uma queda aproximada de 68% no tamanho das populações de mamíferos, aves, peixes, anfíbios e répteis, índice que chega a aproximadamente 94% quando se estratifica os dados para a América Latina e Caribe (WWF, 2020). O Quinto Relatório Panorama da Biodiversidade Global da ONU (GBO-5) mostra que, apesar dos esforços das nações em se estabelecer e cumprir metas para mitigação do desequilíbrio ambiental, os impactos - de natureza antropocêntrica - do consumo e produção tem superado a capacidade do planeta se regenerar. O relatório aponta que precisaríamos de 1,7 planetas para renovar os recursos biológicos utilizados pela humanidade somente no período entre 2011 e 2016 (ONU, 2020).

Os impactos da atividade humana no planeta, bem como as medidas tomadas em resposta e eles, são condicionalmente reconhecidos pelas nações signatárias do Acordo de Paris (ONU, 2015). Por serem antropogênicos, tais efeitos advêm das demandas urbanas de produção e consumo. Apesar disso, possuem repercussões ampliadas, que afetam zonas rurais e

florestas distantes das cidades, e a distância temporal e geográfica nesta relação causa e efeito amplia a miopia cognitiva do *hominis urbanus*.

O reconhecimento da parcela antropogênica das mudanças climáticas ocorre ao mesmo tempo em que se reconhece que tais mudanças se constituem vetor significativo para migrações forçadas e conflitos em todo o mundo. Corrobora com esta afirmação o Relatório Especial sobre Aquecimento Global de 1,5°C do IPCC (*SR1.5°C*) que aborda dados sobre o nível atual do aquecimento global, suas projeções futuras e efeitos, mencionando, por exemplo, o aumento de temperatura média global atual na ordem de 1°C comparativamente aos níveis de temperatura média global pré-industrial e um ritmo de acréscimo atual na ordem de 0,2°C a cada década (IPCC, 2019).

O relatório *SR1.5°C* deixa claro o entendimento de que a ascensão no aquecimento deriva das emissões antrópicas de gases desde o período pré-industrial até o presente e que seus efeitos persistirão por séculos e milênios. Na FIGURA 1.3. é possível observar as projeções feitas pelo *SR1.5°C*, considerando variações nas metas de redução de emissões dos gases estufa e a velocidade que são alcançadas. Portanto, a manutenção das posturas de consumo e produção atuais, cujas ênfases são estritamente antropocêntricas, deve resultar num acréscimo 1,5°C às médias de temperatura global entre os anos de 2030 e 2055 comparativamente às médias estimadas ao período pré-industrial (IPCC, 2019).

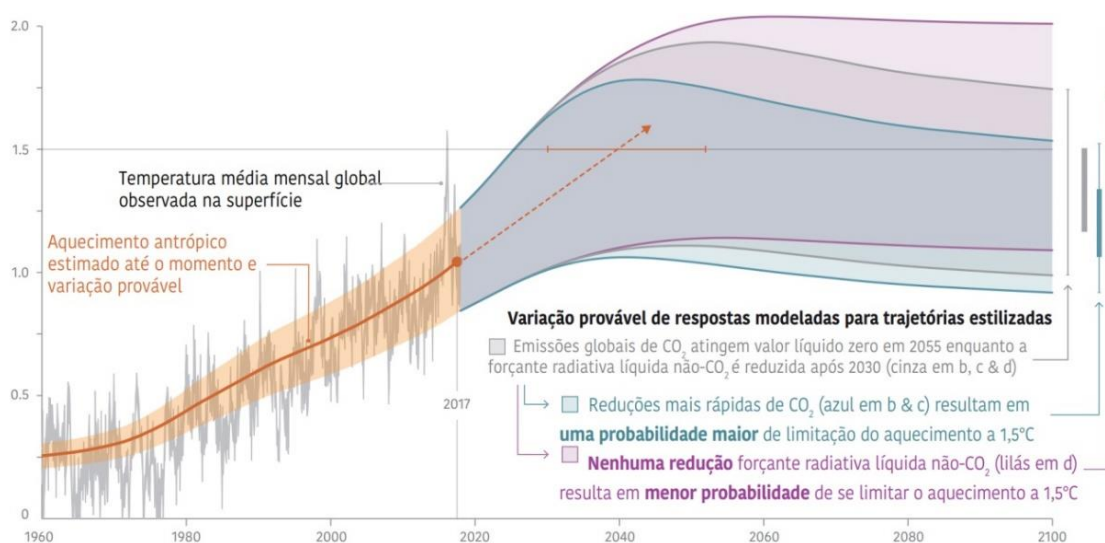


FIGURA 1.3. Projeções para o aquecimento global, sujeita ao êxito das nações em cumprir suas metas de redução de emissões de gases (Fonte: IPCC, 2019, p. 9)

Segundo o *IOM - International Organization for Migration* (2008), o estresse ambiental tem ocasionado migrações forçadas e disseminação de epidemias, como o caso da Leishmaniose Visceral, a qual tem uma incidência de 500 mil casos por ano em todo o mundo. No Brasil as epidemias periódicas no Nordeste do país desta doença têm sido associadas com as migrações para áreas urbanas devido à seca.

A própria supressão de *habitats* naturais tem sido relacionada ao espalhamento de pandemias como o da COVID-19. De acordo como o Relatório Planeta Vivo 2020 – *WWF* a humanidade corre o risco de experimentar outros surtos pandêmicos, sendo esta pandemia um importante recado da natureza da intrincada relação desta com a humanidade (*WWF*, 2020). À medida que o tempo passa a necessidade de se reestabelecer o equilíbrio entre a humanidade e a natureza é cada vez mais urgente, e o desenvolvimento de soluções através do Design que busquem atender demandas não humanas da biosfera, e que, portanto, propiciem um melhor equilíbrio com a natureza, tem a capacidade potencial em reverter-se em benefícios à própria saúde humana.

Iniciativas ao apontamento e atendimento de demandas não humanas da biosfera não é algo novo. Como exemplo, o Índice de Permeabilidade de Rodovias (*RPI*), um método quantitativo que auxilia tomadores de decisões na mitigação dos impactos de uma rodovia enquanto barreira para diversas populações de animais selvagens (*ASSIS et al.*, 2019). Apesar de ser o aprimoramento de métodos precursores, avançando para uma abordagem inclusiva da natureza e um entendimento da relevância sistêmica dos diferentes seres vivos aos seus *habitats* naturais, as iniciativas que embasaram o *RPI* são apoiadas em estudos focados em grandes mamíferos, como cervos e capivaras, motivadas por questões de segurança aos usuários humanos das rodovias (*ASSIS et al.*, 2019), demandas antropocêntricas portanto.

A percepção da relação sistêmica entre os seres vivos e os seus *habitats* naturais têm preocupado cientistas que observam a queda das populações de insetos. Um estudo conduzido na Europa com dados de áreas de proteção apontou a queda entre 70 e 80% da biomassa de insetos voadores. O estudo destaca o efeito cascata ao meio ambiente devido à importância de abelhas, borboletas e mariposas tanto para a dieta de outros animais como para a recomposição da flora através da polinização (*HALLMANN et al.* 2017). A queda nas populações de abelhas em todo o planeta é observada tanto na indústria apícola como nos

habitats naturais (BERINGER *et al.* 2019; REILLY *et al.* 2020), o tema causa alarde principalmente pela importância das abelhas na polinização de mais de 70% das culturas agrícolas (KLEIN *et al.* 2007; BERINGER *et al.* 2019), as razões antropocêntricas dominam o debate.

É importante destacar que através de sua evolução as abelhas tornaram-se eficientes polinizadoras. Ainda que sob uma perspectiva utilitarista antropocêntrica, sabe-se que o serviço ambiental que desempenham atende cerca de 80% de todas as plantas com flores, mais de 50% das plantas de florestas tropicais e 80% das plantas no cerrado. Sem esta colaboração muitas plantas teriam comprometida a produção de frutos e sementes, havendo até o risco de extinção (ABELHA, 2021). A supressão do *habitat* natural causada pela expansão dos limites agrícolas, avanço tecnológico na agricultura, pela substituição, homogeneização e diminuição da variedade de plantas causam queda na abundância de espécies de abelhas. A redução da forragem floral leva as abelhas nativas a serem localmente extintas ou ficarem restritas a pequenas áreas de onde podem eventualmente desaparecer (BRAGA *et al.* 2008; HALL *et al.* 2017). Os riscos, portanto, são mútuos e ameaçam toda biosfera, incluindo a humanidade.

Em todo o mundo existem de mais de 500 espécies de abelhas sociais descritas (GRÜTER *et al.* 2017), das quais aproximadamente 100 espécies estão em risco de extinção por causas antrópicas (PALUMBO, 2015). No Brasil é relatado a existência de mais de 250 espécies pertencentes à subfamília Meliponíneos, que possuem o ferrão atrofiado, como a Mandaçaia e a Jataí (ABELHA, 2021). A polinização realizada por estas abelhas é um fator importante para o desenvolvimento de jardins comunitários e a agricultura urbana. A ação de abelhas e outros insetos permite o crescimento de novas espécies de plantas e o aumento da produtividade em cerca de 70% das culturas (MAKINSON *et al.* 2017). A conservação da biodiversidade nas zonas urbanas é de extrema importância para a preservação das abelhas nativas e vice-versa. Estas abelhas não apresentam riscos ao ser humano, podendo conviver com estes em harmonia.

Portanto, a relevância desta dissertação fica evidente com a compressão da importância das abelhas nativas, mesmo nos ecossistemas dominados pelos seres humanos, já que sua ausência no meio ambiente pode comprometer a polinização das plantas, gerando graves

desequilíbrios ecológicos (WINFREE *et al* 2007; HALL *et al.* 2017). Por favorecer a aproximação do *hominis urbanus* aos temas relacionados às abelhas esta pesquisa tem potencial a propiciar reflexões sobre as relações sistêmicas na biosfera e a reduzir a miopia cognitiva.

1.6. Delimitação

Projetos voltados a entes não humanos lidam com a definição de necessidades não humanas, um exercício que envolve empatia na interpretação das necessidades não humanas, sendo, portanto, sujeita a erros. Além disso, o conhecimento largamente disponível sobre as necessidades das abelhas nativas é voltado ao seu manejo com foco em produção. Assim, a base de conhecimento existente pode trazer definições de requisitos com características que não necessariamente sejam do anseio dos entes não humanos.

Ao envolver uma equipe multidisciplinar nos ciclos do projeto pretende-se minimizar o impacto de tais erros de interpretação. Esta limitação de interface entre humanos e não humanos poderá ser avaliada em ciclos de validação e pode elucidar as diretrizes para o Design Pós-antropocêntrico voltadas ao desenvolvimento de soluções para a proteção de abelhas da subfamília Meliponíneos.

Por lidar com soluções voltadas às abelhas nativas este projeto necessariamente precisa respeitar o ciclo anual das atividades das abelhas, o que delimita o tempo para avaliação das soluções propostas. Os ciclos de aperfeiçoamento e validação ficam igualmente delimitados, o que impõem maiores adaptações do método a tal situação.

Embora o estudo de campo tenha potencial repercussão em educação ambiental, esta dissertação não tem a pretensão de avaliar tal impacto. É apresentado na revisão de literatura elementos que apontam para a necessidade de soluções pós-antropocêntricas contribuírem para a alteração de modos de consumo e produção, o que demanda esforços em educação ambiental. Apesar disto, não é tratado em profundidade o arcabouço teórico necessário para avaliar tal implicação.

Da mesma forma, as implicações da eficiência térmica decorrentes do processo de fabricação em impressora 3D não fazem parte do escopo da dissertação. A variabilidade na

deposição de material de uma impressora 3D tem repercussões na densidade dos componentes e o tema por si só mereceria estudo específico, assim o estudo de parâmetros de desempenho térmico para materiais (ex.: transmitância térmica (U), absorptância à radiação solar, capacidade térmica) não faz parte do escopo desta dissertação.

1.7. Visão Geral do Método

Para responder à pergunta da presente dissertação, a pesquisa de campo buscou o desenvolvimento de caixas para colmeias para abelhas nativas através do uso de tecnologias humanas, a saber: Fabricação Digital e Distribuída, como objeto de reflexão das diretrizes necessárias para o paradigma do almejado Design Pós-antropocêntrico.

Adota dois métodos principais para resolução do problema de pesquisa. O primeiro trata da combinação de Revisão Bibliográfica Assistemática e Revisão Bibliográfica Sistemática que consiste em uma abordagem estruturada para identificação, coleta e análise de dados e informações da literatura. A utilização da revisão de literatura nesta dissertação permitiu o desenvolvimento dos fundamentos teóricos que lastreiam a condução da análise da pesquisa de campo, sendo nesta revisão identificadas diretrizes pós-antropocêntricas para o Design.

A avaliação da pertinência das diretrizes identificadas na revisão de literatura, bem como a sua própria expansão, fora alcançada através de uma *Action Design Research*, conforme ilustra a FIGURA 1.4. a seguir baseada na proposição de Sein *et al.* (2011). Esta abordagem trata da fusão do método de Pesquisa Ação (*Action Research*), que tem sua ênfase de pesquisa no processo através do qual se conduz a ação, e a *Design Science Research*, que tem sua ênfase na aplicação da lógica abductiva através da proposição de artefatos (SANTOS, 2018).

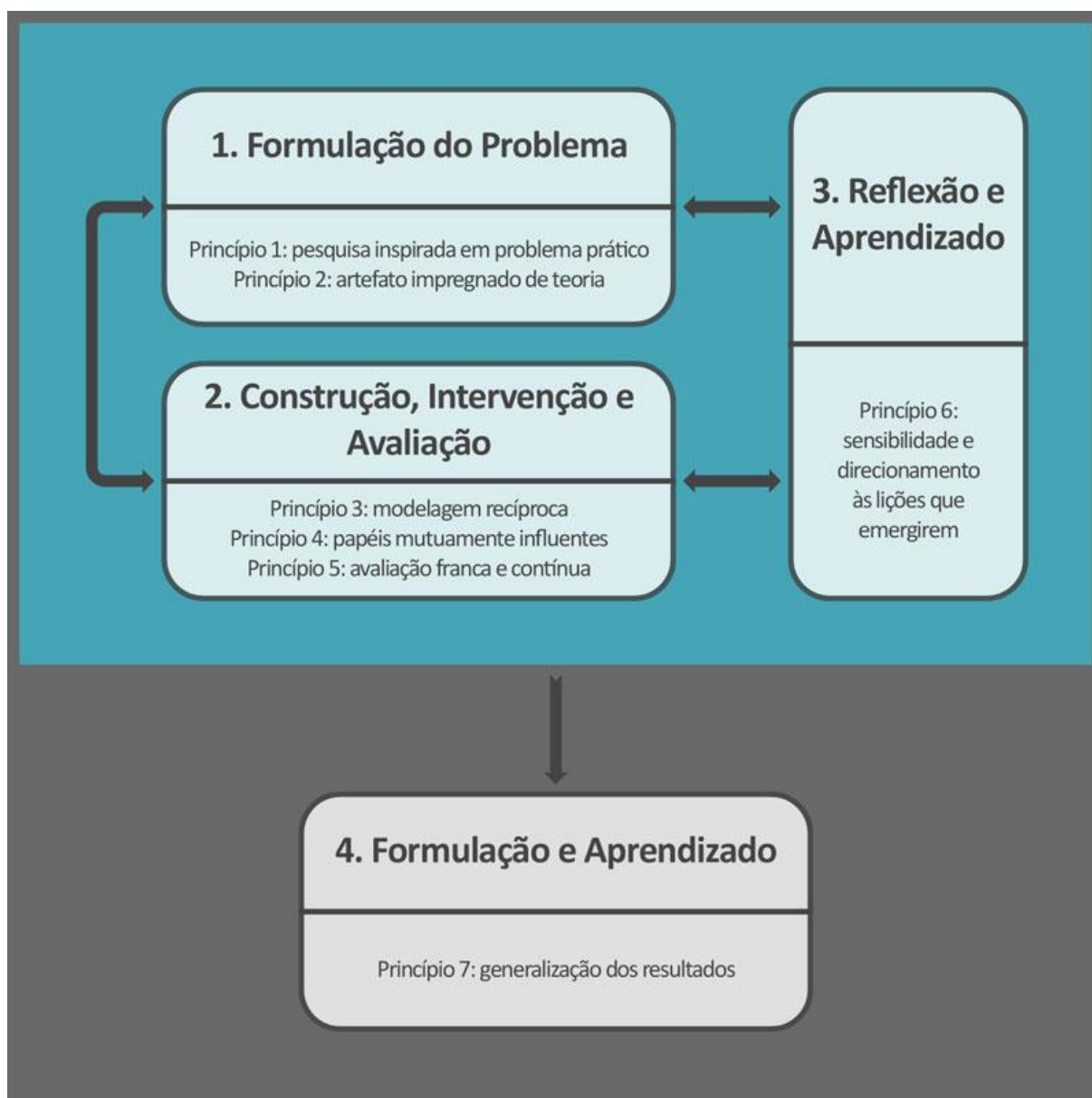


FIGURA 1.4. Método de Action Design Research: Estágios e Princípios (elaborado pelo autor, com base em SEIN (2011, p. 41))

A pesquisa de campo envolveu 8 ciclos de ação, sendo que o artefato desenvolvido ao longo destes ciclos trata-se de uma colmeia orientada à proteção da abelha Jataí (*Tetragonisca angustula angustula*). O pesquisador foi membro ativo do time de pesquisadores que desenvolveram a solução, uma característica típica da pesquisa ação. Ao mesmo tempo, o artefato desenvolvido tinha sua natureza propositiva, buscando estabelecer proposta inovadora que permitisse a melhor qualidade de vida (e a própria sobrevivência) das abelhas nativas no meio urbano, o que caracteriza um problema de natureza abduativa, próprio da *Action Design Research*.

1.8. Estrutura Geral da Dissertação

Neste Capítulo (01) são apresentados o contexto da pesquisa, a problematização, os objetivos e respectivos pressupostos, assim como a justificativa, escopo e visão geral do método.

No Capítulo 02 a dissertação apresenta a Fundamentação Teórica, apresentando em seu início as bases do design antropocêntrico e suas principais implicações para os impactos na natureza. Subsequentemente é apresentado o Design Pós-antropocêntrico, incluindo definições de conceitos e princípios, modelos de processo de projeto e diretrizes identificadas na literatura.

O Capítulo 03 trata da apresentação do Método de Pesquisa, iniciando com a caracterização do problema de pesquisa, a seleção do método e a estratégia de desenvolvimento da pesquisa. O capítulo também apresenta o protocolo de coleta de dados e a estratégia de análise e validação utilizada.

No Capítulo 04 são apresentados os resultados da pesquisa de campo. O capítulo é estruturado nas duas fases principais da pesquisa de campo, ambas centradas na adoção de uma lógica abdutiva para a concepção de artefato voltado à proteção das abelhas. Enquanto na primeira fase o estudo centrou-se na integração do conhecimento de especialistas, na segunda fase o estudo amplia o grau de ênfase nas demandas das abelhas, reduzindo a participação de requisitos de origem humana.

Finalmente, no Capítulo 05 a dissertação apresenta a conclusão do estudo, com foco no problema e objetivos estabelecidos no Capítulo 01. São apresentadas considerações acerca do método de pesquisa adotado, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2. DESIGN PÓS-ANTROPOCÊNTRICO

Este capítulo apresenta os postulados teóricos pertinentes a uma abordagem pós-antropocêntrica no contexto do Design. Inicia-se a apresentação desta base teórica com a contextualização filosófica do tema, tendo em vista que a dissertação trata de nova perspectiva sobre a realidade, que transcende o campo do Design.

2.1. Contexto Filosófico

A relação do ser humano com a natureza vem sofrendo continua revisão à medida que compreendemos a dinâmica do meio natural e o impacto de nossas ações neste meio. Morais (1999), expõe cronologicamente a evolução da relação homem-natureza com narrativa que inicia em 4000 a.C., período em que a ausência de uma ciência que pudesse explicar estas relações de forma plausível favorece a utilização de argumentos fundamentados em fenômenos sobrenaturais, um paradigma Teocêntrico, com as forças da natureza personificadas em deuses e demônios, com conotações religiosas e místicas.

Como alternativa ao Teocentrismo observa-se o advento da Teoria Geocêntrica, que coloca o planeta Terra e, conseqüentemente, o ser humano, no centro do universo (MILARÉ e COIMBRA, 2004, p. 4). Este paradigma foi impulsionado pela cosmovisão religiosa, ou político-religiosa, que vê no ser humano a conexão direta com um Deus maior. De fato, no Livro de Gênesis encontra-se o texto “Crescei, multiplicai-vos e enchei a Terra, e subjuguai, e dominai (...)”, evidenciando o dogma que permanece prevalente no relacionamento homem-natureza, sendo esta uma primeira acepção para o antropocentrismo.

Milaré e Coimbra (2004, p. 3) definem o antropocentrismo como uma concepção que coloca o ser humano como o centro do Universo, estando os outros seres gravitando à volta por força de um determinismo fatal. Esta concepção tem repercussões na percepção estética do mundo e na definição de valores amplos como a verdade, o bem e normas de comportamento. O antropocentrismo (ou homocentrismo, ou supremacia humana) é o paradigma fundamentado na noção de que o Planeta Terra está à disposição da humanidade para satisfazer suas necessidades (MANES, 1991).

Com os avanços científicos, particularmente no século XVI, o dogmatismo religioso presente no Geocentrismo passou a ser questionado, surgindo então o Heliocentrismo, que é a teoria na qual o Sol é o centro do universo. No Renascimento, com a supressão da teoria geocêntrica pela teoria heliocêntrica, houve então um rompimento da primazia religiosa no estabelecimento da cosmovisão (FIGURA 2.1.). Tal transformação alçou a humanidade ao centro de suas próprias ações nas fases históricas seguintes, consolidando de forma mais definitiva a perspectiva antropocêntrica do mundo em detrimento à outrora dominante visão teocêntrica (MILARÉ e COIMBRA, 2004).

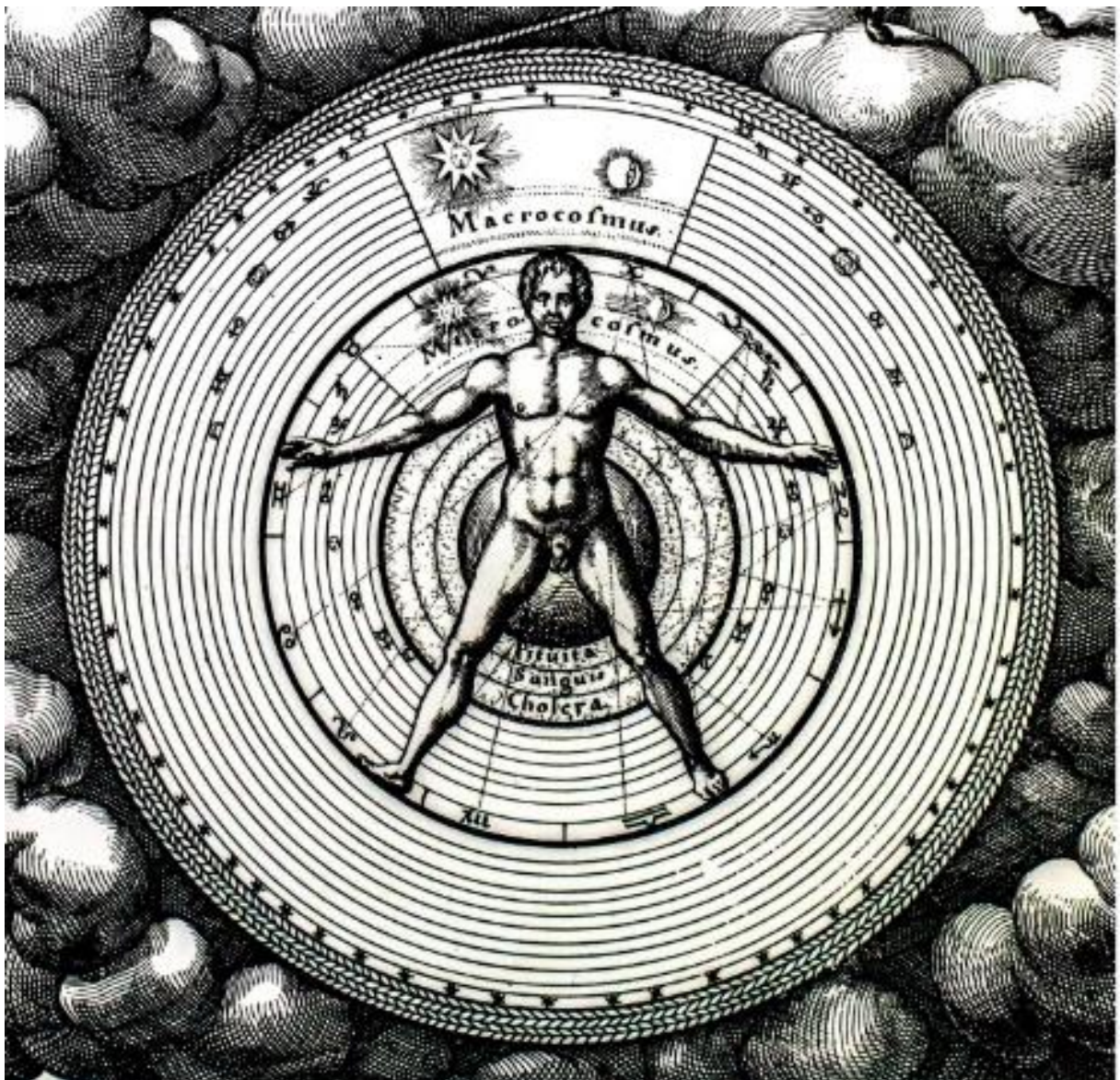


FIGURA 2.1. Ilustração da capa do livro "Utriusque cosmi [...] historia" de Robert Fludd de 1617, com o homem ao centro do cosmos

Na contemporaneidade a compreensão do universo é mais difusa, sendo a corrente mais prevalente aquela que compreende a interação do espaço e do tempo e as diversas formas de matéria, como planetas, estrelas e galáxias. De fato, os avanços científicos têm demonstrado que o universo é governado por leis físicas, destacando-se a teoria do Big Bang como o modelo mais aceito para descrever sua evolução cosmológica (TYSON, 2004).

Com a evolução de nossa compreensão científica do universo houve, também, a ascensão do racionalismo moderno. Conforme Milaré e Coimbra (2004, p. 4-5) este racionalismo é caracterizado por uma forte arrogância e ambição desmedida, onde o desenvolvimento científico é submetido ao controle do capital na busca pela produção de riquezas artificiais. Este paradigma tem resultado num entendimento utilitarista da natureza, ampliando sobremaneira a compreensão de que os recursos naturais e as outras formas de vida estão à mercê do suprimento das necessidades do ser humano.

Os severos impactos que acometem o meio ambiente desde a Primeira Revolução Industrial, através deste entendimento utilitarista da natureza, têm sido exponencialmente crescentes. A percepção destes impactos levou ao surgimento do termo “ecologia”, termo cunhado por Haeckel em 1866 como “a ciência das interações entre o ser vivo e o mundo externo circunvizinho” (NUCCI, 2007). Conforme Grove (1995) e Pádua (2002 e 2010) apontam, a pesquisa histórica identifica a preocupação intelectual com os problemas ambientais desde o final do século XVIII. Contudo, conforme Pádua (2010, p. 82) somente a partir dos anos 1970 é que o conceito de ecologia superou os limites acadêmicos e tornou-se parâmetro para comportamentos sociais, ações coletivas e políticas públicas em diferentes níveis de articulação, do local ao global. Ainda assim, sob a perspectiva global, estas ações não têm sido efetivas em provocar mudanças significativas nos impactos antropocêntricos no meio ambiente. Mesmo diante de evidências como o contínuo crescimento populacional, a urbanização acelerada, a dependência cultural do uso voraz de combustíveis fósseis e outros recursos não renováveis (CATTON, 1994), ainda persiste o discurso cornucopianista que nega que a capacidade máxima de carga humana sustentável no planeta já foi excedida.

Sampaio *et al.* (2018, p. 23) define o cornucopianismo como um conceito que “valoriza os direitos e interesses dos indivíduos contemporâneos, dentre eles o de consumir

indefinidamente, em detrimento da natureza, vista aqui como fonte ilimitada de recursos e com valor apenas instrumental”.

Jonsson (2014, p. 153-154) mostra que uma origem possível da ideologia cornucopiana remonta a 1817, na publicação “Princípios de Economia Política e Tributação”, de David Ricardo, onde o autor rejeita a ideia de limite absoluto para a produção de alimentos proposta por Thomas Robert Malthus. Ricardo sustentava que, apesar da natureza ser heterogênea e os solos possuírem fertilidade variável em diferentes locais, quando se esgotam as áreas exploráveis a produção de alimentos migra e melhora a fertilidade de solos inferiores por meio de insumos, capital e trabalho. Ricardo defendia que isso poderia ser feito indefinidamente, e este princípio se estendia à exploração de recursos materiais, um processo que, segundo ele, seria benéfico para o comércio, à inovação tecnológica e estimulante à substituição de bases econômicas. Posteriormente economistas de recursos estenderam o conceito de Ricardo, vislumbrando um processo de substituição indefinida entre todos os recursos naturais e até mesmo da base energética (JONSSON, 2014).

A explicação para a resiliência cornucópica é explicada por Diamandis e Kotler (2012) através de três fatores: o primeiro seria a crescente tecnofilantropia, isto é, generosas doações feitas por bilionários da tecnologia; o segundo fator seria a pulverização dos meios de inovação que permitem que soluções sejam criadas nos ambientes mais diversos e rapidamente compartilhadas; o terceiro fator seria a ascensão do bilhão de pessoas mais pobres do mundo aos ciclos de consumo, o que seria um potente catalisador de crescimento e geração de riquezas.

Catton (1994) equipara o empenho em negar a existência da tragédia ambiental com uma psicopatologia, a anosognosia, definido no *Dictionary of Medical Syndromes* como a incapacidade de um paciente reconhecer a disfuncionalidade em seu corpo, negando e tentando refutar a existência da condição, passando por um processo psíquico de autoconvencimento de que o que lhe é dito pelo médico é falso. Contudo, ainda que haja grandes resistências no reconhecimento da necessidade de uma nova relação entre o ser humano e a natureza, pautada pelo respeito a todas as formas de vida, a necessidade deste enfrentamento é latente e premente.

A hesitação nos limita em prazo e opções de ações para mitigar os efeitos de nossos padrões de consumo e produção na natureza. Superar o antropocentrismo implica na análise integrada das relações da sociedade com a natureza, sob uma égide de base ecológica. Demanda a contraposição das noções antropocêntricas com uma cosmovisão ecocêntrica do meio ambiente, demandando para tal uma mudança cultural profunda, com a integração de novos valores éticos e estéticos. Dentre estes valores está o do reconhecimento do valor intrínseco da natureza, livre de sua utilidade para o ser humano (CASSETTI, 1991, p. 145). A cosmovisão ecocêntrica é em sua essência uma perspectiva mais radical sobre a natureza. Lida com mudanças mais profundas de paradigmas socioculturais, rompendo com preceitos que tem regido o comportamento, atitudes e opiniões do ser humano.

Acosta e Romeva (2010) sugerem que o design pode contribuir com a adoção deste paradigma pós-antropocêntrico, através de uma mudança do epicentro da atividade projetual, de antropocêntrico para ecosférico (ou biocêntrico). Os autores argumentam que é necessário que a compreensão dos complexos sistemas naturais passe a integrar os processos de Design, de maneira a avaliar de forma mais efetiva os efeitos das atividades humanas na biosfera.

Alcançar o equilíbrio ecosférico demandaria colocar a condição humana e das outras formas de vida no mesmo patamar de relevância, e então alcançar as condições de vida. Note-se que isto não implica em renunciar a condição humana e suas necessidades para sobrevivência e bem-estar. Trata-se de uma mudança de consciência, em que se reconhece a interdependências entre espécies, inclusive o ser humano (ACOSTA e ROMEVA, 2010).

2.2. O antropoceno e o pós-humanismo

Antropoceno é um termo proposto por Crutzen e Stoermer (2000) no intuito de destacar o período mais recente na história do Planeta Terra, começando no final do Século XVIII, quando as atividades humanas iniciam a produção de um impacto relevante no clima da Terra e no funcionamento dos seus ecossistemas. Este período coincide com a Primeira Revolução Industrial. Após duas décadas da proposição as divergências entre os geólogos persistem e por isso o termo ainda não é consenso. Apesar disso, pesquisadores de diversas áreas se apropriaram do termo, tendo o mesmo pautado debates científicos para além do

círculo dos geólogos, um indicativo do avanço da compreensão da mudança que põe a humanidade para coprodutora das condições que possibilitam a vida na Terra (ZALASIEWICZ, 2010; ZINN, 2016; CARRUTHERS, 2019).

Observações das significativas alterações antrópicas ao meio ambiente remontam ao século XVIII (CRUTZEN e STOERMER, 2000) e ganharam projeção no século XX. Conforme Piguet (2013) a conexão entre mudanças no meio ambiente e migrações humanas passou a receber maior atenção a partir da II Guerra Mundial. Geógrafos passaram a redescobrir a natureza não mais como um fator determinante externo, mas como um ente em evolução constante, onde o ser humano é coprodutor de suas mudanças. Assim, independente da ratificação das sociedades científicas, o Antropoceno assumiu uma acepção cuja compreensão é de que seres humanos colonizaram a natureza de maneira tal que muitas das intervenções realizadas nos sistemas planetários já são irreversíveis. Desta forma, sob a perspectiva do Antropoceno, os sistemas naturais e sociais estão inexoravelmente interconectados (ARIAS-MALDONADO, 2016).

Apesar de tais reflexões, provindas de parte do ambiente acadêmico, a sociedade em geral ou desconhece os efeitos do advento do Antropoceno, ou não se põe a considerar em profundidade as implicações deste fenômeno para a própria sobrevivência humana. Segundo Naess (1973) o antropocentrismo ignora a intrínseca dependência humana do sistema vivo à sua volta. Suas incoerências são análogas às incoerências apontadas no androcentrismo, conforme a teoria feminista, ou aquelas apontadas no etnocentrismo, conforme a teoria antirracista (PLUMWOOD, 2003).

Há diversas correntes de pensamento que, de forma emergente, vem buscando questionar as abordagens antropocêntricas. A corrente de pensamento do pós-humanismo, por exemplo, trata da progressiva eliminação ou fluidização das diferenças entre os seres vivos. Elimina-se os limites que separam o ser humano de outros seres, apontando-se para um conceito híbrido de definição dos seres. Trata de uma perspectiva anti-anthropocêntrica no âmbito ético. O ser humano deixa de existir como um ser isolado e passa a ser compreendido através da infinidade de conexões com outros seres (VALERA, 2014).

É com uma abordagem pós-humanista que Gunderman e White (2020) discutem o especismo de insetos desvendando a teia relacional entre humanos e insetos. Destacam que o uso de linguagem cotidiana, que banaliza e demoniza a existência dos insetos, emprega retórica semelhante aos padrões de discriminação de outros seres não humanos e, até mesmo, de outros humanos.

Na crise do Antropoceno a permanência da humanidade na Terra está intimamente ligada ao florescimento de todas as formas de vida. Isto demanda ampliar a compreensão da dinâmica de encontros multiespécies complexos entre humanos e outras formas de vida. Desta forma, o iminente declínio e extinção de populações de seres vivos (ex.: insetos e invertebrados), exigem premente implementação de ações que auxiliem na proteção e qualidade de vida de todos os seres vivos (GUNDERMAN e WHITE, 2020). Esta perspectiva vem sendo defendida dentro da “Teoria dos Direitos Naturais” segundo a qual a existência é um direito universal de todos os seres vivos.

Segundo Zimmerman (1985), a Teoria dos Direitos Naturais apresenta entraves antropocêntricos, dificultando a ação daqueles que desejam "estender" os direitos a seres não humanos para protegê-los de abusos humanos. O crítico do antropocentrismo, Heidegger (*apud* ZIMMERMAN, 1985), sugere que precisamos voltar até alguém como Heráclito para descobrir um pensador ocidental verdadeiramente não-antropocêntrico que possa oferecer uma nova base para compreender nosso lugar apropriado no cosmos. Para Heidegger o comportamento moral deve-se enraizar em uma compreensão profunda do que significa ser humano: a ontologia precede a ética. Heidegger (*apud* ZIMMERMAN, 1985) considera que o *télos*¹ da humanidade envolve aprender a tratar os seres não meramente como objetos para nossos propósitos, mas sim permitir que os seres se revelem de maneiras apropriadas às suas próprias possibilidades.

Zimmerman (1985) argumenta que a doutrina dos direitos do homem não pode simplesmente ser abandonada, mas que devemos buscar uma nova base moral que respeite a vida de todos os seres da Terra, já que estamos todos inexoravelmente relacionados.

¹ *télos*: ponto ou estado de caráter atrativo ou concludente para o qual se move uma realidade; finalidade, objetivo, alvo, destino (HOUAISS, 2009).

Os estudos conduzidos por Preston e Shin (2020) investigaram as dificuldades de buscar a mudança do paradigma antropocêntrico. Tais estudos foram desenhados para aferir como o antropocentrismo pode afetar o pensamento teleológico, isto é, o pensamento que atribui à finalidade o princípio explicativo da realidade. O estudo trouxe a conclusão de que as pessoas, religiosas ou não, tendem a acreditar que as condições que favorecem o florescimento da vida na Terra possuem um design especial para atender ao ser humano, um pensamento inerentemente antropocêntrico. Esta tendência pôde ser manipulada informando às pessoas que tais condições atendiam a vida como um todo, sem explicitar os seres humanos. No entanto, ao incluir os seres humanos com os outros seres vivos na informação a tendência antropocêntrica retorna aos resultados, o que evidencia que as condições para o florescimento da vida na Terra parecem ser mais especiais aos seres humanos quando os afeta explicitamente. O estudo mostrou que os vieses antropocêntricos são extensões de vieses egocêntricos (PRESTON e SHIN, 2020).

As dificuldades de desvencilhar do viés que molda a cultura humana contemporânea ocorrem nas proposições voltadas ao desenvolvimento de padrões de consumo e produção mais sustentáveis, tais dificuldades explicam os desequilíbrios nos sistemas ecológicos globais. Mesmo a definição mais disseminada para desenvolvimento sustentável, oriunda do Relatório Brundtland, permite uma leitura enviesada e antropocêntrica. Tal definição, que trata do uso de recursos naturais, coloca o desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades” (ONU, 1987). A ausência de ênfase de que as “gerações futuras” compreendem necessariamente “gerações futuras de qualquer espécie” deixa espaço para o viés antropocêntrico, no qual gerações futuras dizem respeito às gerações humanas futuras, o que resulta em desequilíbrio nos critérios de decisão, comprometendo o êxito de soluções que almejam sistemas verdadeiramente sustentáveis.

Considerando a conservação ambiental e o atual panorama do meio ambiente, é de extrema importância que o profissional Designer, ator chave na determinação de padrões de consumo e produção, passe a adotar perspectivas pós-antropocêntricas na orientação de seus projetos. Novamente, tal perspectiva não significa a supressão da consideração das necessidades humanas. Ao contrário, conforme apresenta a próxima seção, são

considerados de forma sistêmica todos os entes vivos e inanimados que constituem o ecossistema em lide, buscando tanto quanto possível a busca de proteção e valorização da biodiversidade (ROSENWEIG, 2003).

2.3. Superação do viés antropocêntrico no Design

Proposições de Design com vistas à superação do viés antropocêntrico ganham relevância à medida que os efeitos antrópicos sobre os sistemas naturais se exacerbam e a noção de Antropoceno se difunde pela sociedade em geral. No entanto, os conhecimentos gerados por tais proposições seguem dispersos, carecendo da reunião em um repertório de casos que possibilite a identificação de lacunas e análise robusta, com vistas à organização, estruturação e articulação das abordagens do Design Pós-antropocêntrico. Nos parágrafos seguintes serão apresentadas as contribuições identificadas na literatura com potencial a auxiliar na tarefa de construção de um corpo teórico que instrumentalize uma atuação mais biocêntrica do profissional Designer.

2.3.1. Design Pós-antropocêntrico

Costa (2019, p. 48), a partir das proposições de VanPatter e Pastor (2011) e Gardien *et al.* (2014), expõe que a responsabilidade pela transformação de contextos mais amplos da sociedade parece ser um dos principais objetivos do Design pós-industrial. Este Design Pós-antropocentrista denota uma abordagem voltada à sustentabilidade, inovação social e prospecção de cenários futuros. Embora a categorização proposta por Costa (2019) inclua a sustentabilidade, esta definição se difunde por temáticas de cunhos amplamente antrópicos, conforme mostra a FIGURA 2.2. , dificultando a identificação das características estritamente pós-antropocentristas da abordagem.

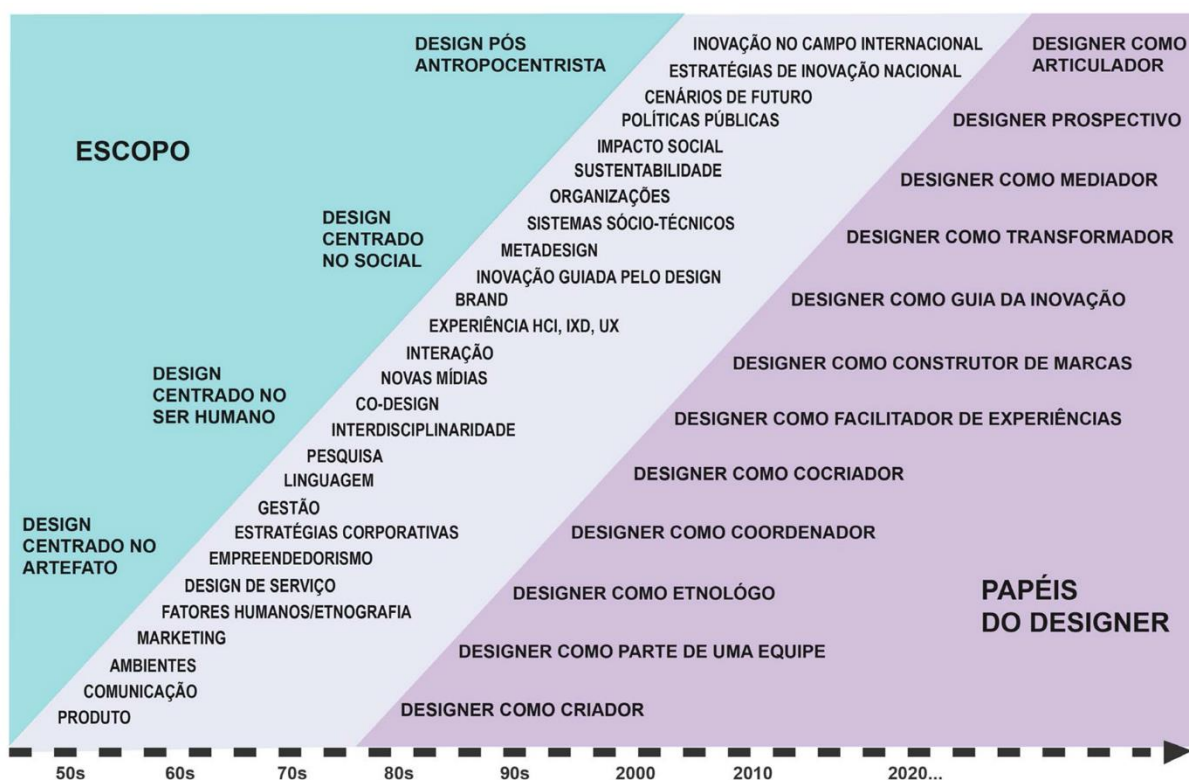


FIGURA 2.2. Mudanças de escala e escopo do Design (Fonte: Costa (2019, p. 50))

De fato, abordagens convencionais, mesmo quando voltadas ao desenvolvimento de padrões de consumo e produção mais sustentáveis, têm um viés antropocêntrico. Tal viés, imanente e subjacente à cultura técnica presente nas competências da grande maioria dos Designers, é fator que contribui para o desenvolvimento de soluções estritamente antropocêntricas, contribuindo para os desequilíbrios ecossistêmicos locais, regionais e globais.

O desenvolvimento de produtos em geral tem seu processo de Design “centrado no ser humano” e assim é ensinado na quase totalidade das escolas de Design. Mesmo quando a definição de usuário tem um sentido mais amplo, incluindo entes não humanos, ainda assim o ser humano é um beneficiário direto da solução desenvolvida (por exemplo, caixa de transporte para animais domésticos). Faz-se necessário um deslocamento do Design em favor de concepções biocêntricas, cujo sentido político e ecológico é também um ponto de vista ético que estende o valor inerente a todas as coisas vivas.

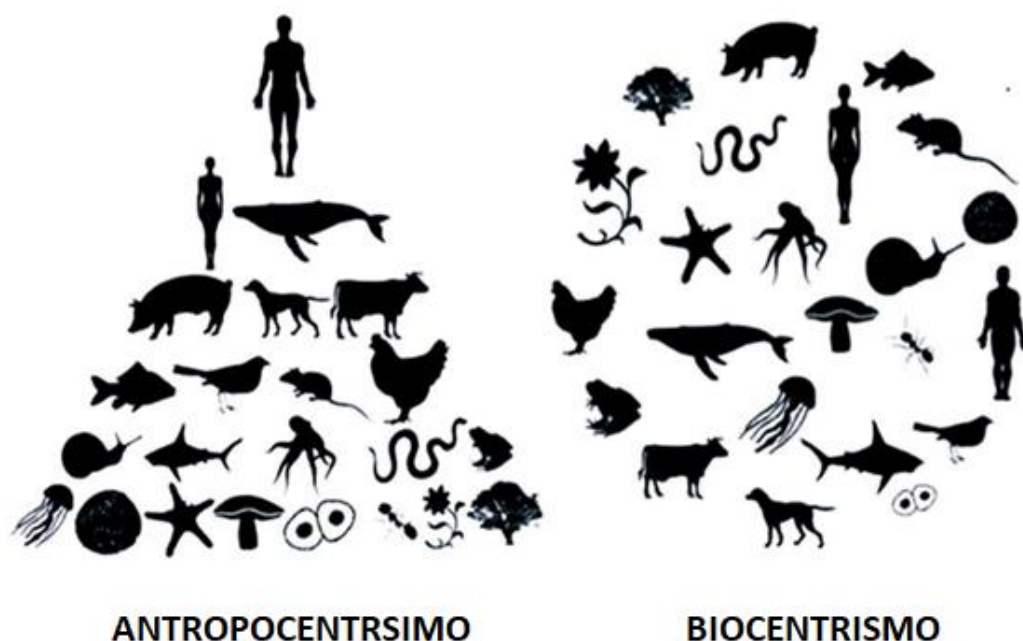


FIGURA 2.3. Perspectivas Alternativas: Antropocentrismo vs. Biocentrismo (baseado em Chase (2014))

A perspectiva biocêntrica (FIGURA 2.3.) altera a compreensão de como a própria Terra funciona, em especial ao que se refere à relevância da biodiversidade e da biosfera. Sob o prisma biocêntrico não é a humanidade, nem a racionalidade humana fatores suficientes para autorizar o ser humano a se colocar no centro da existência (NAESS, 1973; NAESS e SESSIONS, 1984; DERR e MCNAMARA, 2003). Mathews (2011), no entanto, expõe que essa divisão entre as abordagens biocêntricas e antropocêntricas acabou por viciar as percepções do ambientalismo, um dualismo que coloca a natureza em contraposição à humanidade.

Acosta e Romeva (2010) entendem que os profissionais das áreas de design e desenvolvimento de produtos-serviços possuem papel relevante através da mudança de epicentro humano do processo de projeto, e por consequência, dos resultados de seus trabalhos. A busca por um equilíbrio biosférico ao longo do processo de projeto localiza as condições humana, ambiental e energética no mesmo nível. Isto demanda uma mudança profunda de consciência, a fim de nos reconhecermos como uma espécie eco dependente das condições para o florescimento da vida como um todo na Terra. Desta forma, o design ecosférico cambia de um design centrado nas necessidades e desejos da espécie humana para um design de visão ampliada, focado na Terra enquanto um sistema complexo e multiespécie (ACOSTA e ROMEVA, 2010).

Felizmente tem-se observado uma lenta, mas progressiva integração da perspectiva holística da relação humana com o meio ambiente, já se vislumbrando repercussões práticas desta integração. Thomas *et al.* (2017), por exemplo, propõem ajustes à ISO 9241-210, que normatiza o Design Centrado no ser Humano (HCD), questionando aspectos antropocêntricos do HCD e sua ISO. Tais proposições, segundo os mesmos autores, são fundamentadas no fato que o antropocentrismo exagerado da sociedade humana se mostrou nocivo à biosfera, tornando-se inapropriado manter os humanos no centro das decisões de design. Ao mesmo tempo, com o avanço das tecnologias digitais emergentes, o HCD se tornou cada vez mais poderoso e popular, sendo um importante vetor para estimular a evolução de práticas de Design em direção à paradigmas mais inclusivos da biosfera.

Conceitos de Design de Interação Sustentável (SID), Interação Animal Computador (ACI) e Ontologia Orientada a Objetos (OOO) tem provocado o surgimento de nova epistemologia no campo do Design. Com a inclusão de objetos, animais e ecossistemas como usuário e/ou partes interessadas em projetos de Design, questões relacionadas aos impactos ambientais durante o ciclo de vida de um dado produto adquirem uma perspectiva sensivelmente mais ampliada (THOMAS *et al.* 2017).

O endereçamento de soluções de Design à entes não humanos da biosfera tem impacto no próprio processo de Design. Veselova e Gaziulusoy (2019) descrevem o Design Colaborativo e Participativo (C&PD) inclusivo da natureza, e tecem uma análise crítica da abordagem (e suas sub-abordagens) através da lente da ética bioinclusiva. A ética bioinclusiva inclui três princípios fundamentais: 1. visão não dualista da natureza, 2. percepção da natureza enquanto entidade viva e com auto significado, e 3. reconhecimento da necessária mudança para uma postura sinérgica com a natureza (MATHEWS, 2011).

As abordagens do C&PD submetidas à lente da ética bioinclusiva implicam no explícito reconhecimento e envolvimento de não humanos como não designers em processos participativos de design. Estas implicações impelem à reformulação de fundamentos políticos, pragmáticos, inovadores e comerciais para o envolvimento de não designers não humanos nos processos de design, de forma a reconhecer e dar vazão às necessidades dos sistemas e entidades naturais, contribuindo assim para iniciativas e práticas mais efetivas de Design para a Sustentabilidade (VESELOVA e GAZIULUSOY, 2019).

Para Ceschin e Gaziulusoy (2020) o Design necessita se afastar das abordagens exclusivamente centradas no ser humano, tanto na teoria como na prática. Tal postura implica em viabilizar a participação daqueles que não tem efetiva “voz” no processo de Design, tanto epistemologicamente como metodologicamente. Devido a cultura antropocêntrica, a operacionalização da inclusão de entes naturais em processos de Design traz em si uma dificuldade para ser compreendida, dificuldade que aparentemente se acentua quando tais entes não são animais. Gatto e McCardle (2019) colocam a etnografia a serviço da inclusão de plantas num processo de design especulativo multiespécie que propicia a leitura da contaminação ambiental por meio do envolvimento de perspectivas integradas, humanas e vegetais.

Fundamentando-se em teorias pós-humanistas, na Ecosofia de Guattari (1989) e no Design Participativo, Gatto e McCardle (2019) utilizam uma estratégia transdisciplinar de seguir coletivos de plantas e atores que povoam suas vidas como método. Dentre as reflexões levantadas, compreendem que o conceito de sustentabilidade não surge como o resultado puro de um processo de design, mas primeiro como uma atitude comportamental, e o design como um instrumento para implementar essa atitude. O ato de seguir outros, que não humanos, pode mostrar aos designers uma maneira de pensar sustentável, cultivando relações holísticas que revelam as paisagens multiespécies do Antropoceno (GATTO e MCCARDLE, 2019).

Por fim é preciso dizer que, em termos práticos, tais técnicas possibilitam a compreensão de como os sistemas naturais de uma dada região se adaptam após anos de nocivas intervenções antrópicas, que afetaram toda a cadeia da vida no território, incluindo uma comunidade humana. A compreensão do crescimento de vegetais metalófitos na pesquisa de Gatto e McCardle (2019), por exemplo, possibilitou o surgimento de conhecimentos científicos específicos e implementação de um laboratório nas proximidades.

Temáticas como a ecológica, política, etnografia pós-humanista e “*animal studies*” são determinantes nesta progressão. Em sua proposição de estrutura geral para Inovação em Design para a Sustentabilidade, Ceschin e Gaziulusoy (2020) ressaltam que é justamente este nível que integra uma perspectiva dos sistemas ecológicos (centrados no Planeta), configura-

se no nível que oferece o escopo de maior abrangência sistêmica, conforme mostra o último nível na FIGURA 2.4. , a seguir:

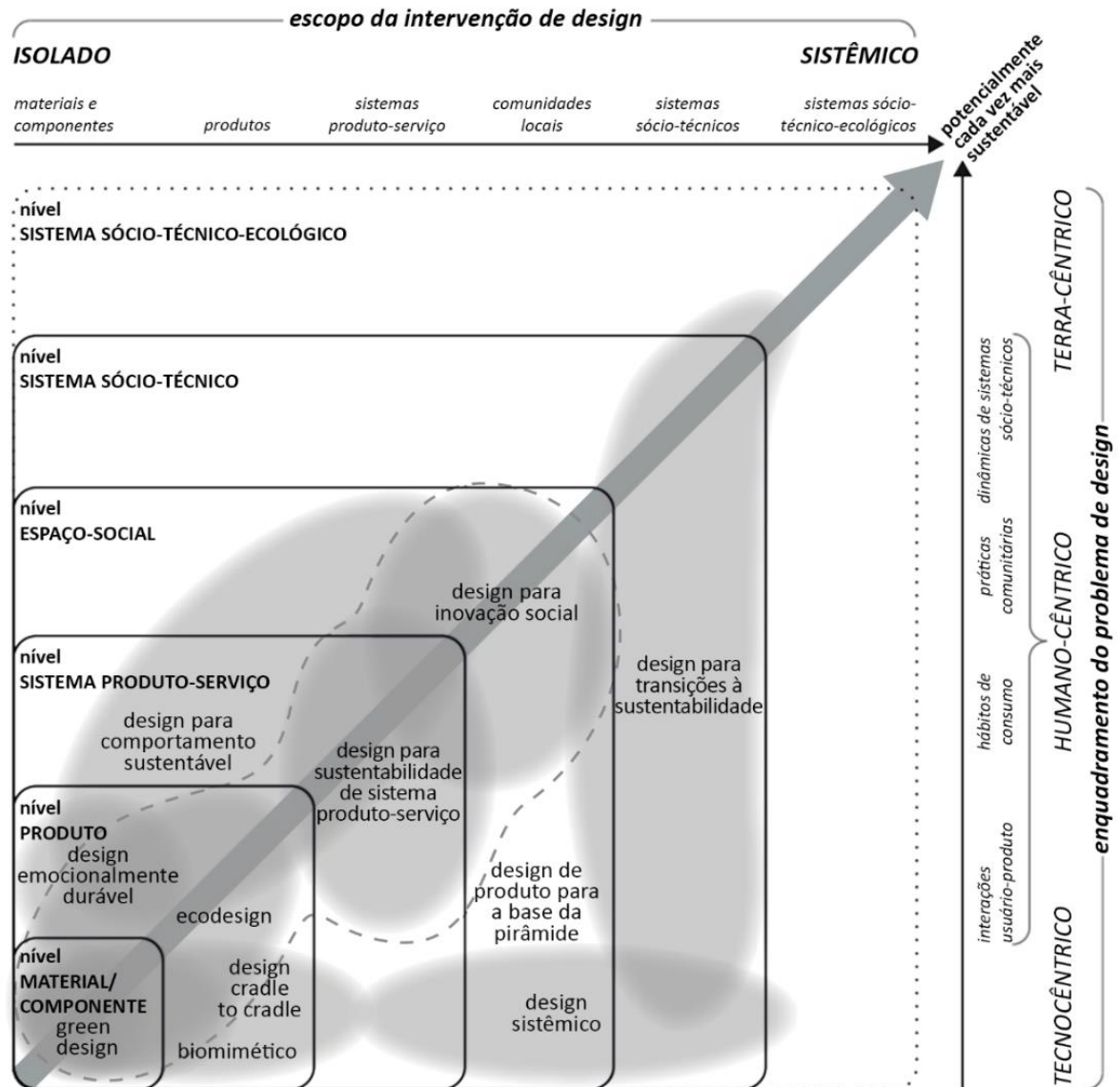


FIGURA 2.4. Estrutura de Inovação em Design para a Sustentabilidade (traduzido pelo autor, com base em Ceschin e Gaziulusoy (2020))

As diversas abordagens de Design Pós-antropocêntrico partem de pontos distintos dispersos no campo do Design e em outros campos do conhecimento (ex.: filosofia, ecologia). No entanto, é possível identificar a existência de sentidos comuns nestas abordagens, particularmente na adoção de postura inclusiva e equitativa dos entes da biosfera, indo do endereçamento de soluções de Design a tais entes, até suas inclusões no próprio processo

de Design, contornando entraves da comunicação, quando houver, por meio de representantes especialistas e o uso de técnicas como a etnografia.

2.3.2. Esboço inicial para os Princípios do Design Pós-antropocêntrico

A ética bioinclusiva (MATHEWS, 2011) e as implicações de sua lente ao C&PD (VESELOVA e GAZIULUSOY, 2019) fornecem os fundamentos balizadores dos princípios de um processo de Design Pós-antropocêntrico, tratando-se, portanto, de um processo necessariamente pautado pela ética bioinclusiva.

A ética bioinclusiva é fundamentada na percepção holística da biosfera e consequente dissuasão da dualidade “antropocentrismo Vs. biocentrismo”, assumindo a existência de um sistema vivo em que estão acomodados os componentes das vidas, tanto humanas quanto as não humanas. Os entes deste sistema integrado são entendidos como seres sencientes que possuem auto significados e propósitos, e, portanto, posição moral no sistema. Os entes deste sistema holístico agem em sinergia, acomodando suas conatividades, isto é, a vontade com a qual todos se esforçam para permanecer existindo, mutuamente, do modo que melhor preservar energia vital no sistema (MATHEWS, 2011).

Entende-se que apenas humanos podem assumir o papel de designers em processos de design, no entanto, sob a perspectiva da ética bioinclusiva, humanos e não humanos não designers devem influenciar nos objetivos e decisões do processo (VESELOVA e GAZIULUSOY, 2019). Assim cabe aos humanos a concessão de espaço para a influência de não humanos em tais processos, esta é a base do **Princípio Bioinclusivo**, que admite o direito de não humanos e humanos influenciarem nos objetivos e decisões de processos de design que afetam suas vidas, através da busca de meios, ferramentas e métodos que favoreçam a compreensão das múltiplas volições.

Entende-se a vida de não humanos e humanos como um processo e não um estado fixo, deixando espaço livre para que as conatividades se manifestem. Com o espaço adequado é possível e desejável observar, aprender e valorizar as práticas e processos mutuamente (VESELOVA e GAZIULUSOY, 2019). Esta é a base do **Princípio dos Mútuos Devires**, que busca

a compreensão mútua dos devires² dos participantes e afetados pelos resultados de processos de design.

Entende-se que um sistema vivo procura a configuração que melhor preserve a energia vital, acomodando as conatividades num equilíbrio sinérgico entre seres coexistentes do sistema. Os seres humanos, no entanto, distorceram demasiadamente esta regra natural pelo uso e acúmulo de energia externa aos seus corpos (MATHEWS, 2011). Assumindo a existência de tais desequilíbrios, e que o processo de design decorre deste contexto desequilibrado, busca-se reequilibrar a relação de seres humanos com os sistemas naturais, devolvendo energia aos entes não humanos do sistema vivo, em ação sinérgica de seres humanos em direção a seres não humanos. Esta é a base do **Princípio Bio-Sinérgico**, que prioriza atender requisitos não humanos, não se opondo a atender requisitos humanos, desde que observada a sinergia que tais atendimentos propiciam ao sistema vivo como um todo.

Os princípios até aqui identificados são proposições iniciais, sendo provável, e até esperado, que ajustes e adaptações ocorram no decorrer desta dissertação.

2.4. Desafios para um Design Pós-Antropocêntrico no Meio Urbano

Alcançar uma ênfase não antropocêntrica no desenvolvimento de soluções visando a maior sustentabilidade do planeta tem no ambiente urbano talvez o seu maior desafio. Desequilíbrios ambientais decorrentes da produção e consumo desenfreados encontram nas cidades a concentração de suas principais mazelas. Urbanização desenfreada, ausência de aterros sanitários, falta de proteção de mananciais, impermeabilização excessiva do solo, redução maciça dos níveis de arborização, são exemplos de vetores para estes desequilíbrios ambientais (MCDONALD e PATTERSON, 2007).

O fato de mais da metade da população mundial estar vivendo em centros urbanos (ONU, 2008) e a rapidez da urbanização faz crescer a preocupação do ponto de vista da conservação da biodiversidade nas cidades (DEARBORN e KARK 2010; PARKER, 2014). Neste contexto as estratégias de conservação da biodiversidade voltadas ao ambiente urbano

² devir: fluxo permanente, movimento ininterrupto, atuante como uma lei geral do universo, que dissolve, cria e transforma todas as realidades existentes; devenir, vir a ser (HOUAISS, 2009).

necessitam ser consideradas pelo poder público e pela sociedade de maneira geral (MILLER e HOBBS, 2002; SODHI *et al.* 2004). Reforçando este argumento está o fato de que uma vasta maioria da superfície terrestre não está em área de proteção (GROOM *et al.* 2006), o que significa que muitas espécies terão que se adaptar em áreas modificadas por humanos para sobreviver.

Paradoxalmente, *habitats* antropogênicos podem suportar mais espécies do que o observado na maioria das cidades, desafiando paradigmas convencionais que entendem o espaço urbano como ambiente não propício à conservação da natureza (ANDRÉN, 1992; GASCON *et al.* 1999; DRISCOLL e WEIR, 2005). Como exemplo, zonas rurais com plantações intensivas em monoculturas apresentam frequentemente níveis elevados de agrotóxicos, mazela não presente no meio urbano (embora permaneçam as outras mazelas citadas anteriormente). Neste sentido, o interesse na "conservação urbana" desenvolveu-se dentro da comunidade de conservação da biodiversidade (GODDARD *et al.* 2010; TNC, 2018).

A agricultura urbana é um exemplo das repercussões de uma perspectiva biocêntrica possível no âmbito das cidades (PARKER, 2014, BEUMER, 2014). A possibilidade de existir espaços dentro das cidades onde cidadãos cultivem seus próprios alimentos está crescendo cada vez mais atualmente, com benefícios diretos para outras formas de vida. De fato, os jardins e hortas comunitárias promovem um bem-estar amplo para outras formas de vida, pois geralmente não utilizam pesticidas e possuem diversas espécies de plantas e insetos beneficiadas diretamente (POTTER e LEBUHN, 2015, MAKINSON *et al.* 2017).

Dentre as preocupações ambientais no ambiente urbano está o risco de extinção de algumas espécies nativas de abelhas (PARKER, 2014). Diversas cidades se estabeleceram em zonas onde antes existiam ecossistemas ricos em espécies de abelhas, mas atualmente várias destas abelhas migraram para zonas rurais. Ao mesmo tempo, observa-se abundância e diversidade de algumas espécies de abelhas nativas em paisagens urbanas sendo que algumas destas estão ausentes em terras rurais próximas, evidenciando que mesmo no ambiente inóspito de cidades há um potencial de contribuição para a conservação da biodiversidade (HALL *et al.* 2017). A seção seguinte explora em maior profundidade esta questão.

2.5. O caso das abelhas nativas

2.5.1. A Subfamília Meliponíneos

Meliponíneos, foco da presente dissertação, é uma subfamília de abelhas (sem ferrão ou com ferrão atrofiado), que está presente desde o México até a Argentina. Pesquisas sobre abelhas selvagens nas cidades têm mostrado que diversas populações de abelhas vivem em paisagens urbanas (JAFÉ *et al.* 2010; PLEASANTS e OBERHAUSER, 2013; GOULSON *et al.* 2015). É estimado haver mais de 20.000 espécies de abelhas em nosso planeta (VELTHUIS, 1997), e o Brasil possui a maior biodiversidade delas (KERR *et al.* 1996). As Abelhas Nativas Sem Ferrão (meliponíneos) representam um importante grupo, com mais de 500 espécies de abelhas sociais descritas (GRÜTER *et al.* 2017), destas, mais de 250 espécies são conhecidas em nosso país (ABELHA, 2021).

Motivadas pelo avanço tecnológico da agricultura e a homogeneização do *habitat* nos espaços rurais, algumas espécies de abelhas estão cada vez mais presentes nas cidades (HALL *et al.* 2017), apesar de toda a poluição e da falta de flora adequada e em quantidade. Essa migração aumenta a importância de um estreitamento de relação entre os seres humanos urbanos e as abelhas, os conscientizando do papel fundamental que as abelhas desempenham nos ecossistemas, e de que a perda de seu *habitat* pode determinar uma diminuição da polinização das plantas, agravando ainda mais os desequilíbrios ecológicos (WINFREE *et al.* 2007; HALL *et al.* 2017).

Existem muitos argumentos favoráveis a uma boa recepção das abelhas nas cidades. Dentre estes argumentos está o fato de que a polinização realizada pelas abelhas é de importância fundamental para o desenvolvimento de jardins comunitários e a agricultura urbana. A ação de abelhas e outros insetos favorece o crescimento de novas plantas e o aumento da produtividade em cerca de 70% das culturas dos jardins (MAKINSON *et al.* 2017). É estimado que cerca de 80% da polinização de todas as plantas com flores é feita por abelhas, assim como mais de 50% das plantas de florestas tropicais e 80% das plantas no cerrado. Sem a colaboração delas muitas plantas deixam de produzir frutos e sementes, podendo inclusive chegar à extinção (ABELHAS, 2021).

Hall (*et al.* 2017) menciona que as abelhas estão abundantemente presentes nas cidades, pois nos espaços rurais têm cada vez menos a presença da forragem floral. Tal fenômeno ocorre, principalmente, devido ao avanço da monocultura na agricultura, a desertificação, o desflorestamento, o uso intensivo de inseticidas e a redução da diversidade no *habitat*. Apesar disso, é importante salientar que as espécies que conseguem se adaptar aos ambientes urbanos são apenas uma fração da diversidade de espécies existentes, e que há uma significativa supressão de espaços habitáveis às abelhas em geral.

Assim, embora não seja suficiente para preservar todas as espécies originais das respectivas regiões, a conservação da biodiversidade em zonas urbanas tem uma grande relevância na preservação das abelhas nativas. É imprescindível compreender que as abelhas desempenham um papel importante nos ecossistemas dominados pelos seres humanos e que a perda de seu *habitat* pode influenciar na diminuição da polinização das plantas, gerando um desequilíbrio ecológico e prejudicando em última análise, a própria espécie humana (WINFREE *et al.* 2007; HALL *et al.* 2017).

2.5.2. Potencial das tecnologias digitais emergentes na proteção das abelhas nativas

2.5.2.1. Contexto

Muitas áreas do conhecimento estão sendo impactadas pelas tecnologias digitais emergentes. Compreende-se nesta dissertação que, embora a gênese destas tecnologias tenha um propósito eminentemente antropocêntrico, paradoxalmente configuram-se como potenciais aliadas para abordagens pós-antropocêntricas.

Krishnamachari (2020) propõe uma classificação que define três grandes ramos de desenvolvimento de Tecnologias Digitais Emergentes: (A) Inteligência Artificial: sistemas digitais que podem automelhorar seu desempenho por técnicas de aprendizado de máquina; (B) Tecnologias *Blockchain*: sistemas confiáveis através do registro de dados criptografados e distribuídos; e (C) Dispositivos Conectados: sistemas conectados de dispositivos e sensores que coletam e processam dados para executar tarefas (KRISHNAMACHARI, 2020).

Embora abrangente e didática, a classificação proposta por Krishnamachari (2020) acaba por não incluir o ramo das tecnologias da Fabricação Digital: sistemas a serviço da manufatura, cadeias de suprimentos, produtos e processos (CHENG *et al.* 2015, SAVASTANO *et al.* 2019, GILLANI *et al.* 2020), que possuem grande capacidade de intercâmbio com os três ramos já definidos, cabendo a reflexão se haveria espaço para um 'D' na classificação proposta por Krishnamachari (2020).

Independentemente de qualquer taxonomia, o fato é que as tecnologias digitais emergentes colocaram uma revolução em curso, conforme destacou o Fórum Econômico Mundial em relatório publicado em 2018 (WEF, 2018), representando um novo paradigma que está afetando rapidamente vários aspectos da vida cotidiana de usuários, empresas e outros atores envolvidos (AGRIFOGLIO *et al.* 2017). Dentre as tecnologias digitais emergentes, algumas têm especial capacidade para contribuir com a proteção das abelhas nativas, a saber: Internet das Coisas e Fabricação Digital.

2.5.2.2. Fabricação Digital e Open Source Design

A Fabricação Digital figura entre as tecnologias digitais centrais ao conceito de Indústria 4.0, ou *Smart Manufacturing*, impulsionando transformações ainda pouco conhecidas no campo da manufatura (CHENG *et al.* 2015, SAVASTANO *et al.* 2019, GILLANI *et al.* 2020). As tecnologias de Fabricação Digital são sistemas inteligentes que, a serviço da produção, conectam processos em todas as suas áreas de numa abordagem integradora, incluindo desde as cadeias de suprimentos até o ciclo de vida dos produtos (CHENG *et al.* 2015, SAVASTANO *et al.* 2019, GILLANI *et al.* 2020).

À medida que artefatos como impressoras 3D se tornam mais acessíveis aos consumidores finais, a Fabricação Digital favorece o surgimento de um novo paradigma nas relações entre os atores envolvidos no processo produtivo (CHENG *et al.* 2015). Cheng *et al.* (2015) analisam o novo paradigma de produção em contraste a paradigmas anteriores (FIGURA 2.5.) buscando identificar os possíveis impactos nas três dimensões da sustentabilidade que as novas tecnologias podem causar.

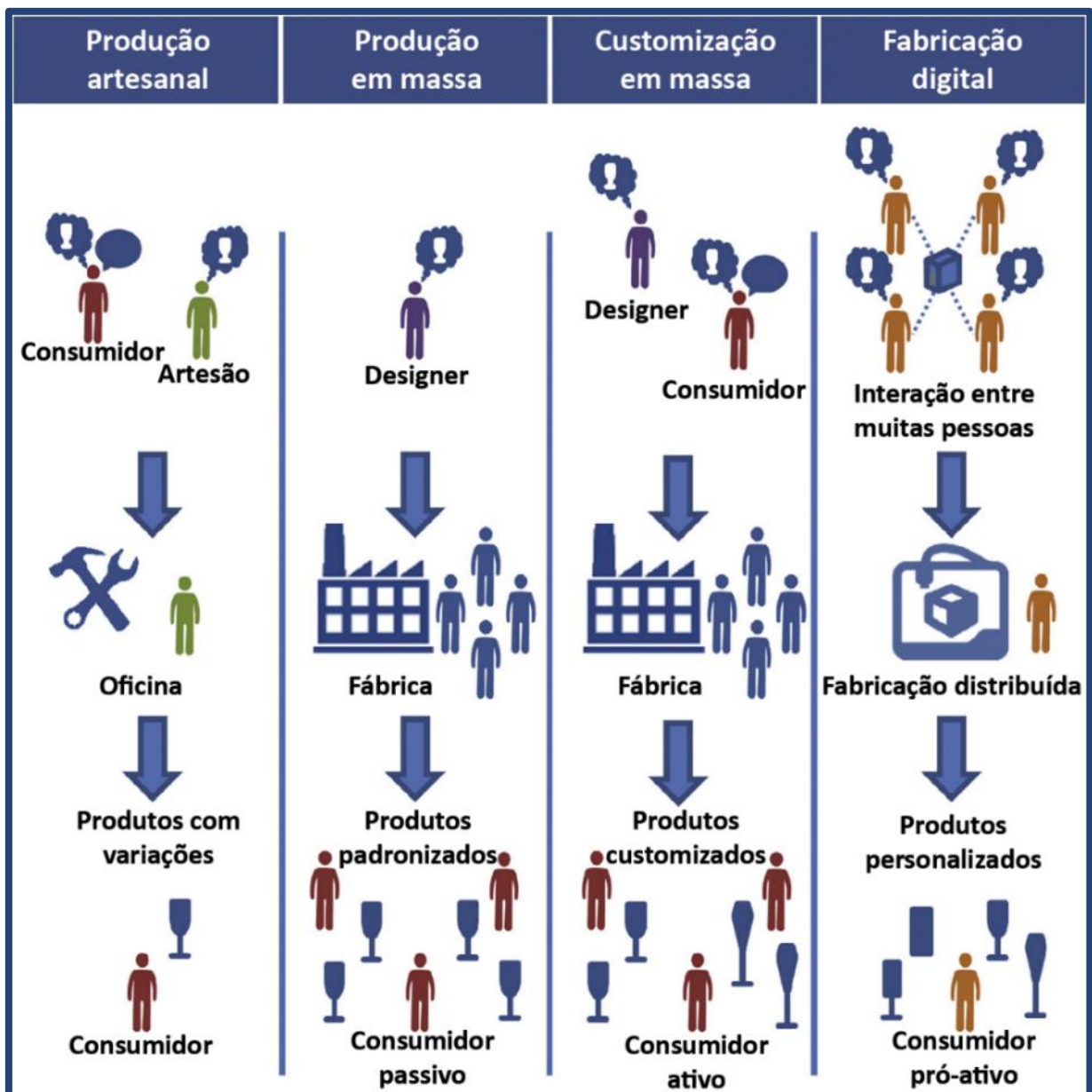


FIGURA 2.5. Uma comparação dos paradigmas de produção e seus principais atores (tradução do autor, com base em Cheng et al. (2015))

A Fabricação Digital, em especial a impressão 3D, tem potencial para transformar as relações econômicas e sociais por combinar vantagens de todos os paradigmas de produção. Permite a fabricação de produtos individuais, sem o “trade-off” imposto pela noção de lote mínimo. Além disto, permite adaptar rapidamente o projeto e produção para necessidades diversas e complexas, como é o caso das colmeias para abelhas nativas. Muito importante é a possibilidade de viabilizar o Design paramétrico, permitindo a customização do desempenho de uma colmeia para as condições específicas de um determinado local.

A Fabricação Digital favorece a difusão de conhecimento e convertem usuários em fabricantes, gerando possibilidades educativas, de geração de renda e, quando envolvendo adequadamente os sujeitos envolvidos, a valorização dos saberes locais.

Note-se, entretanto, que há ainda grandes entraves ligados à qualidade e confiabilidade dos artefatos produzidos, com forte repercussão na dimensão ambiental. Há o potencial de descontrole da geração de resíduos ao meio ambiente, o que é agravado pelo desconhecimento da toxicidade de diferentes insumos utilizados em uma ampla gama de impressoras 3D (CHENG *et al.* 2015, GILLANI *et al.* 2020).

O *Open Source Design* (*OSD*, ou Design Aberto) é um aliado relevante à Fabricação Digital. Trata-se de um modelo de desenvolvimento de produtos e serviços viabilizado pela internet, neste modelo os conhecimentos desenvolvidos e aplicados são disponibilizados gratuitamente, o que permite que novas colaborações, aprimoramentos e adaptações a contextos específicos sejam realizadas em curtos espaços de tempo. Aliado à Fabricação Digital, o *OSD* tem grande capacidade de massificar soluções por remover empecilhos relacionados aos direitos de autoria (ZHANG e LI, 2018).

2.5.2.3. Internet das Coisas (IoT)

Internet das Coisas (*IoT*) é uma rede de objetos físicos - ‘coisas’ - nos quais são incorporados sensores, software e outras tecnologias com o objetivo de coletar, conectar e trocar dados (ORACLE, 2020) Convencionalmente *IoT* envolve troca de dados e informações via internet entre pessoa-pessoa, pessoa-artefatos, artefatos-artefatos (HSU e LIN, 2016). Sob uma perspectiva biocêntrica, possibilita a comunicação da qualidade do *habitat*, das necessidades e do estado de saúde dos seres-vivos.

Com a tecnologia *IoT* as colmeias de abelhas nativas podem ser um eficiente indicador de qualidade ambiental, possibilitando a concepção de ações e políticas para a proteção de outros seres vivos, incluindo o ser humano. Dados de monitoramento de abelhas permitem a definição de estratégias mais acuradas na promoção da diversidade. Além disto, a *IoT* torna possível o envolvimento da comunidade na manipulação e utilização dos dados coletados para a proteção ambiental. Essa atividade é relevante não apenas nas áreas rurais,

mas também nos ecossistemas urbanos que agora são considerados ambientes “livres de pesticidas”, com um interesse renovado em se reconectar com a natureza (PERRONE e MALFROY, 2015).

2.6. IoT e a Meliponicultura

2.6.1. O Contexto da Meliponicultura

No Paraná a meliponicultura é regida pela Lei Estadual 19152/2017, que a define como criação e manejo de abelhas sociais nativas (meliponíneos) para fins de comércio, pesquisa científica, atividades de lazer, educação ambiental e ainda para consumo próprio ou familiar. Além da produção de mel e de outros produtos dessas abelhas, a atividade do meliponicultor inclui a conservação das espécies e sua utilização na polinização de plantas. No âmbito federal as relações entre a sociedade e as abelhas nativas são disciplinadas pela Resolução CONAMA 496/2020, por sua vez amparada pela Lei Federal 6938/1981 - da Política Nacional do Meio Ambiente, e dos incisos VI e VII do Art. 23 da Constituição Federal de 1988 que dispõem sobre as obrigações do Estado de legislar pela proteção do meio ambiente. Além da referida resolução, a Lei Federal 9605/1998 dispõe sobre sanções administrativas às condutas lesivas ao meio ambiente, e também fornece guarida legal à proteção das espécies silvestres.

O meliponicultor é, neste contexto, o profissional que realiza trabalho de elevada importância ambiental, com foco manejo de abelhas das tribos meliponini e trigonini. Estas espécies estão presentes desde o México até a Argentina (NOGUEIRA NETO, 1997, p.37). No Brasil são conhecidas mais de 250 espécies de abelhas nativas pertencentes à subfamília Meliponíneos, que possuem o ferrão atrofiado, como a Mandaçaia e a Jataí (ABELHA, 2021), abelhas que não oferecem riscos ao ser humano, podendo conviver com estes em harmonia.

Muitas pesquisas evidenciam a capacidade de populações de abelhas de diversas espécies se adaptarem às paisagens urbanas (JAFFE *et al.* 2010; PLEASANTS & OBERHAUSER, 2013; GOULSON *et al.* 2015). Tal contexto tem repercutido no crescimento do número de meliponicultores também nas regiões metropolitanas do país, com a geração de renda

ocorrendo não somente através da produção de mel, mas também da venda de colmeias, de serviços de educação, de locação de colmeias para polinização, dentre outros.

No contexto da pandemia, as atividades dos meliponicultores foram severamente prejudicadas, particularmente no entorno de grandes centros urbanos, onde a disseminação da COVID-19 foi mais acentuada. Meliponicultores que possuem meliponários em zonas rurais contíguas às cidades tiveram que manter seus deslocamentos para monitoramento das colmeias, em contraposição à recomendação de isolamento social durante a pandemia. A atividade de meliponicultura demanda, fundamentalmente, a inspeção cotidiana das caixas de abelhas para avaliação e mitigação de situações relacionadas a ataques por insetos invasores, questões do conforto térmico, necessidade de alimentação artificial, perda de indivíduos, enxameação, etc. Portanto, na perspectiva ortodoxa, as atividades de monitoramento e manutenção são necessariamente presenciais.

Com o advento das tecnologias digitais emergentes parte significativa do monitoramento pode ser realizada remotamente. Conforme apresentado nas seções anteriores, uma destas tecnologias digitais emergentes é a *IoT*, com soluções comerciais já disponíveis para o monitoramento na apicultura (criação de colmeias da espécie *Apis mellifera*). A tecnologia *IoT* oferece o potencial de instrumentalizar meliponicultores na criação de abelhas sem ferrão, especialmente das tribos meliponini e trigonini (sem ferrão ou com ferrão atrofiado).

As abordagens no manejo para criação de abelhas se distinguem sutilmente quando se compara as práticas aplicadas a cada espécie e da mesma espécie em diferentes regiões, tais distinções decorrem de mudanças no clima, geografia, variações na biota e outros fatores. Por exemplo, ao se comparar as práticas de manejo da apicultura brasileira com a da América do Norte ou Europa percebe-se diferenças decorrentes da africanização acidental das *Apis mellifera* que ocorreu no Brasil e modificou o cenário da apicultura na América do Sul a partir de 1956 (OLIVEIRA e CUNHA, 2005; RAMOS e CARVALHO, 2007). Na criação de abelhas nativas, considerando que a denominação ‘meliponicultura’ abrange uma grande variedade de espécies de abelhas nativas, as diferentes espécies também determinam de sutis a drásticas variações nas práticas de manejo.

Dentre as diferenças no manejo, além daquelas decorrentes da ausência de ferrão, que favorece uma interação menos arriscada do criador com as colmeias, estão as diferenças inerentes a cada espécie, que vão desde as maneiras e materiais com constroem seus ninhos, o porte de tais estruturas e consequentemente a capacidade de produção de mel e outros subprodutos, a existência ou ausência de célula real, até outras diferenças que determinam sobremaneira as atividades do manejo, que tornam a meliponicultura uma atividade mais diversificada, ou menos padronizada, que a apicultura.

2.6.2. Caracterizando as contribuições potenciais específicas da tecnologia IoT

A FIGURA 2.6. apresenta o repertório de possibilidades de IoT para apoiar as atividades do meliponicultor. Note-se que com tais soluções não somente é possibilitado o trabalho remoto, mas também, amplia-se a qualidade e acurácia do trabalho deste profissional, reduzindo a necessidade de se realizar intervenções físicas, e por consequência, o estresse das manipulações no interior das colmeias.

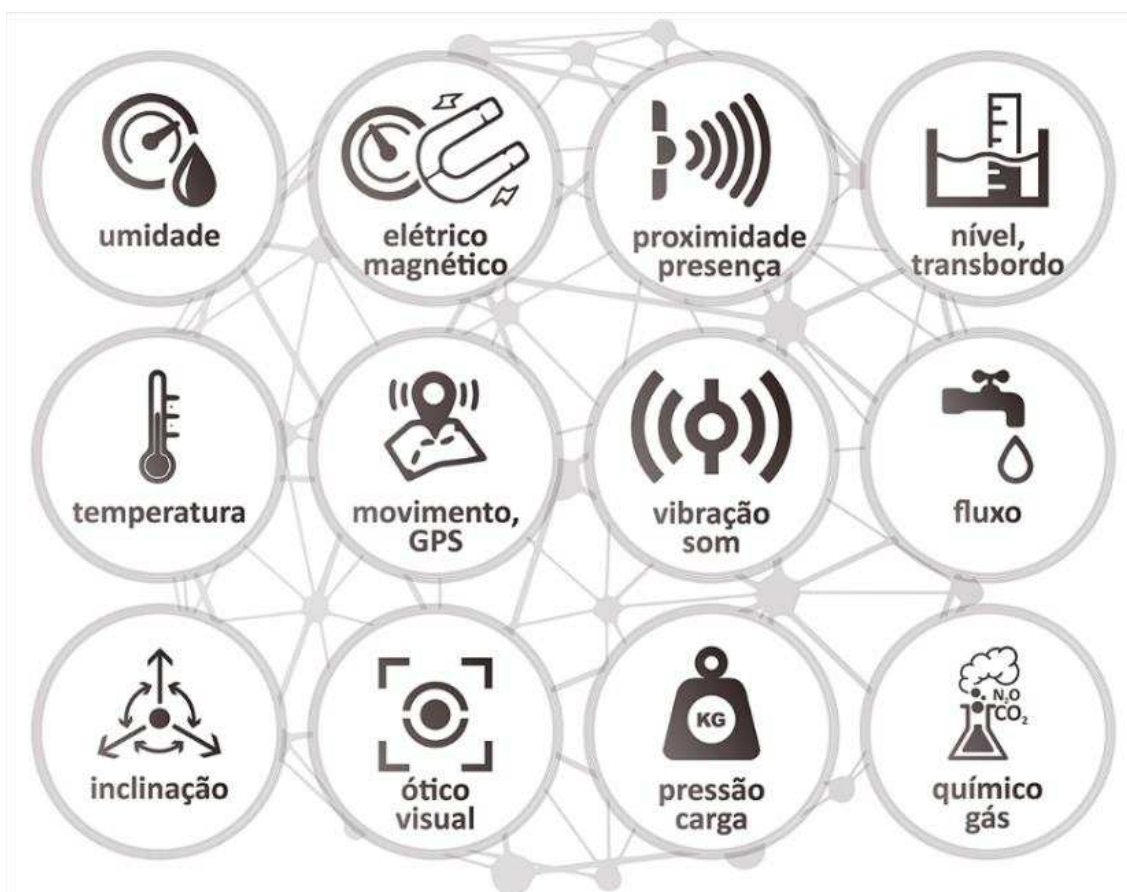


FIGURA 2.6. Sensores de IoT aplicáveis às colmeias de meliponíneos (Fonte: o autor)

De maneira geral, parte significativa das atividades características do manejo de meliponíneos deriva de observação contínua das colônias, atividade que assume os nomes de monitoramento, revisão, inspeção e vistoria periódica da colmeia, entre outros nomes. Conforme Palumbo (2015, p. 47), essas vistorias são de elevada importância, pois subsidiam o planejamento das atividades subsequentes com dados e informações sobre as necessidades das colônias.

Na abordagem convencional é necessária uma rotina diária de acompanhamento das condições físicas das colônias, e embora recomendável, muitas vezes não é feito um registro contínuo da evolução dos vários indicadores de desenvolvimento e saúde das colônias, o que impede análises mais aprofundadas, descritivas ou prescritivas, que poderiam levar a significativas melhorias no desempenho da atividade. Soluções em *IoT* automatizam o registro dos indicadores e o uso integrado de diferentes sensores potencializam os diagnósticos pelo cruzamento dos dados detectados, antecipando situações bem específicas aos meliponicultores.

No QUADRO 2.1. a seguir são apresentadas algumas das principais atividades rotineiras do meliponicultor e sugestões do tipo de *IoT* passível de fornecer dados relevantes à atividade:

Descrição das atividades do meliponicultor	Sensores de IoT
Alimentação complementar para a colmeia é feita com o objetivo de dar suporte ao desenvolvimento das colônias, possibilitando a economia de energia com a coleta de alimento no campo e liberando as operárias para outras atividades como defesa, limpeza, organização e atividades de suporte à postura de ovos pela rainha (VILLAS-BÔAS, 2012)	pressão, carga: detecta variações de peso da colônia; fluxo: detecta a movimentação das campeiras; nível, transbordo: detecta variações no estoque de alimentos; som, vibração: detecta variações na atividade interna das abelhas pelo zunido.
Em regiões de clima frio as atividades do meliponicultor podem envolver a aplicação de sistema elétrico para aquecimento artificial (JESUS, 2017), implicando na necessidade de acionar e desligar este sistema presencialmente. O uso de IoT pode alcançar a possibilidade de um acionamento e desligamento remoto deste sistema.	temperatura: detecta variação na temperatura da colmeia; fluxo: detecta a movimentação das campeiras; nível, transbordo: detecta variações no estoque de alimentos; som, vibração: detecta variações na atividade interna das abelhas pelo zunido.
Realizado a cada duas ou quatro semanas, o monitoramento para avaliação da população de abelhas pode evidenciar a necessidade de ampliar a alimentação de uma colônia enfraquecida, ou da partilha de discos de cria de outra colônia forte com esta enfraquecida (VILLAS-BÔAS, 2012).	som, vibração: detecta variações na atividade interna das abelhas pelo zunido; fluxo: detecta a movimentação das campeiras; pressão, carga: detecta variações de peso da colônia; ótico, visual: visualiza a situação interna da caixa; temperatura: detecta variação na temperatura da colmeia.
Monitoramento para análise do número e porte dos favos.	ótico, visual: visualiza a situação interna da caixa; presença, proximidade: detecta a presença de estruturas.
Monitoramento para verificação da saúde e do trabalho da rainha.	temperatura: detecta variação na temperatura da colmeia; presença, proximidade: detecta a presença de estruturas; som, vibração: detecta variações na atividade interna das abelhas pelo zunido.
As abelhas nativas possuem inimigos naturais, entre eles os forídeos, pequenas moscas do gênero <i>Pseudohypocera</i> . Ao invadir uma colmeia, suas fêmeas depositam ovos, de onde saem larvas vorazes por pólen e mel, atacando o estoque da colônia e as células de cria, assim é necessário realizar constante monitoramento para intervenção contra predadores (VILLAS-BÔAS, 2012). É importante considerar que sempre que houver invasores no interior da colmeia haverá um acréscimo na agitação pela defesa do ninho, o que gera ruído e calor.	ótico, visual: visualiza a situação interna da caixa; som, vibração: detecta variações na atividade interna das abelhas pelo zunido; temperatura: detecta variação na temperatura da colmeia.
Monitoramento do estado da caixa é importante pois fissuras ou juntas expostas na madeira podem reduzir sua eficiência térmica e também reduzir o ciclo de vida da colmeia.	temperatura: detecta variação na temperatura da colmeia.

QUADRO 2.1. Algumas das principais atividade do meliponicultor, suas descrições e respectivas sugestões de soluções IoT (fonte: o autor)

Todas estas atividades, e outras não relacionadas, podem ser apoiadas por soluções em *IoT*, e sem dúvida sua integração com as demais tecnologias digitais emergentes como Inteligência Artificial, *Blockchain*, *Data mining*, entre outras, tem potencial de aumentar a capacidade de auxiliar efetivamente os meliponicultores em suas atividades. Note-se que o desenvolvimento das soluções *IoT* para a meliponicultura não é uma atividade trivial tendo em vista que as abelhas tendem a propolizar qualquer objeto estranho no seu interior, portanto funcionando melhor quando passíveis de serem implantadas externamente à colmeia.

2.7. Discussão

A relação homem-natureza nos últimos séculos e décadas se transformou exponencialmente em uma relação de exploração, abuso e afastamento conforme relatado por Milaré (2004). As tentativas de abordar os problemas, que concentramos na pauta “crise ambiental”, tem se mostrado pouco efetivas no que diz respeito à reversão do processo de crise, dado a raiz antropogênica que permeia nossa cultura, e está assinala cada gesto que fazemos (MANES, 1991), tenha ou não intentos favoráveis à proteção da natureza.

Os indícios de agravamento da crise ambiental oportunizam, e até condicionam, uma postura mais disruptiva às que até aqui assumimos em relação à proteção ambiental. Abre-se uma janela de oportunidade para um franco deslocamento de cosmovisão, conforme sugerido por Acosta e Romeva (2010), desta antropocêntrica para aquela: ecocêntrica. No entanto, conforme mencionado por Kolb (1984) esta tensão disruptiva pode tornar o processo indigesto e mais uma vez ineficaz.

Se o Design, como ciência pretende contribuir com esta problemática, esta ciência precisa extrapolar a sua limitação antropocêntrica, indo além do limite tácito: ciência que estuda, aborda e propõe novas interfaces ao ser humano com o seu meio. Propor que o designer adote uma postura inovadora em relação ao seu objeto de estudo e trabalho pode parecer simples, mas seu êxito está na ultrapassagem da fronteira do antropocentrismo, algo complexo de se aferir.

Por outro lado, o exercício de explorar soluções para as quais o beneficiário primordial não é o próprio ser humano, faz o Design gerar reflexão, e preparar terreno para uma escalada de reaproximação, gradativa e vigorosa, do ser humano com a natureza. Obviamente, sendo uma postura inovadora ao designer, a própria exploração precisa ser entendida como um objeto de reaproximação gradativa da relação homem-natureza, e alvo de avaliação franca e continuada, ainda que sua disseminação implique em inovação profundamente disruptiva.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1. Caracterização do Problema

Buscou-se caracterizar o problema de pesquisa com respeito ao estado de consolidação do conhecimento associado a seus principais constructos via análise dos resultados da Revisão Bibliográfica Sistemática. O processo adotado para realização desta RBS seguiu três etapas: planejamento, execução e análise dos resultados (BIOLCHINI et al. 2005).

No planejamento, foram levantadas as palavras-chave e determinadas as combinações para os procedimentos de busca, com palavra-chave “*design*” sendo combinada com as demais: *anthropocene*, *anthropocenic*, *anthropocentric*, *anthropocentrism*, *biocentric*, *biocentrism*, *post-anthropocenic*, *post-anthropocentric*, *post-anthropocentrism*, *post-human* e *post-humanism*. Após análise das variações e porções fixas nas palavras-chave, uma *string* otimizada foi criada.

A etapa da execução foi feita na base SCOPUS, via plataforma CAPES, com a *string* “*design AND (biocentr* OR post-human* OR anthropocen* OR post-anthropocen*)*” e obteve-se o retorno de 571 documentos.

Refinou-se o resultado restringindo a artigos, revisões, artigos de conferência, revisões de conferência e editorial; com acesso liberado; publicados entre 2010 e 2020; preconizando as áreas de meio ambiente, ciências sociais e humanidades, obtendo-se um retorno com 211 documentos.

Estes foram analisados segundo os títulos, resumos e conclusões, buscando identificar aqueles com maior pertinência ao escopo da presente dissertação. Deste processo obteve-se, finalmente, 11 documentos de conteúdo com alta afinidade ao tema desta dissertação.

Autores	Título	Ano
LIAO, C.; QIU, J.; CHEN, B.; CHEN, D.; FU, B.; GEORGESCU, M.; HE, C.; JENERETTE, G. D.; LI, X.; QIUYING, B.; SHI, P. e WU, J.	Advancing landscape sustainability science: theoretical foundation and synergies with innovations in methodology; design; and application	2020
PRESTON, J. L. e SHIN, F.	Anthropocentric Biases in Teleological Thinking: How Nature Seems Designed for Humans	2020
GUNDERMAN, H. e WHITE, R.	Critical posthumanism for all: a call to reject insect speciesism	2020
GATTO, G. e MCCARDLE, J.R.	Multispecies design and ethnographic practice: Following other-than-humans as a mode of exploring environmental issues	2019
FIOS, F.	Building awareness of eco-centrism to protect the environment	2019
KLESZCZ, J.	The idea of zoopolis in contemporary architectural dimension	2018
THOMAS, V.; REMY, C. e BATES, O.	The limits of HCD: Reimagining the anthropocentricity of ISO 9241-210	2017
DEVENDORF, L.; De KOSNIK, A.; MATTINGLY, K. e RYOKAI, K.	Probing the potential of post-anthropocentric 3D printing	2016
ZINN, J. O.	Living in the Anthropocene: towards a risk-taking society	2016
OTT, C. e KITEME, B.	Concepts and practices for the democratization of knowledge generation in research partnerships for sustainable development	2016
ADHITYA, S.; DAVIS, B.; FRANKJAER, R.; FLANAGAN, P. e MAHONY, Z.	The BIOdress: A body-worn interface for environmental embodiment	2016

QUADRO 3.1. Resultado do refinamento da busca bibliográfica à base SCOPUS

Considerando o baixo volume bibliométrico obtido considera-se que o problema de pesquisa tem **natureza exploratória**. A revisão da literatura apresentada no Capítulo 2. já antecipava tal característica ao apontar que ao longo da história do Design a ênfase da práxis no campo tem sido eminentemente antropocêntrica. Problemas de natureza exploratória, segundo Santos (2018), ocorrem quando há pouca compreensão sobre o fenômeno estudado, incluindo suas causas e efeitos, sua dinâmica e a própria determinação das variáveis relevantes.

Debates sobre a necessidade de um novo paradigma, com uma abordagem biocêntrica (ou pós-antropocêntrica) somente recentemente entraram no debate na comunidade de pesquisadores em Design para a Sustentabilidade. Ainda assim, este debate é rarefeito, encontrando-se poucas conferências debatendo o tema e, até o momento de redação da presente dissertação, nenhum *journal* com este escopo específico.

3.2. Seleção do Método de Pesquisa

Dentre os métodos pertinentes para um problema de natureza exploratória se enquadram a Pesquisa Ação, o *Design Science Research (DSR)*, a Etnografia e o Estudo de Caso (SANTOS, 2018). Como o problema de pesquisa da presente dissertação apresenta intrinsecamente uma natureza abducativa, tendo em vista que demanda o desenvolvimento de artefato para sua investigação, optou-se inicialmente pelo *Design Science Research* como método de pesquisa principal.

Design Science Research é um método de pesquisa adequado em pesquisas que buscam desenvolver e avaliar a eficiência e eficácia de um artefato na solução de uma categoria de problema (SANTOS, 2018). Sua característica construtiva e prospectiva, buscando estabelecer o “como deveria ser” contrasta com a característica analítica de outros métodos que buscam entender “como é” o “mundo real”. No caso da presente pesquisa o artefato que está no foco de desenvolvimento trata-se de uma caixa para proteção de abelha nativa (Jataí), voltada à Fabricação Digital.

A pesquisa foi realizada em um contexto real, onde o pesquisador não tinha controle sobre os eventos, estando inserido em um projeto que integrava outros atores interessados no tema. Assim, tal característica, onde o pesquisador é observador e observado, ao mesmo tempo, apontou para a necessidade de integração da abordagem da Pesquisa Ação no enquadramento do método de pesquisa. Lacerda *et al.* (2013) propõe que a Pesquisa Ação pode ser vista como uma aliada da *Design Science Research* nos casos em que o desenvolvimento e/ou implementação e/ou avaliação do artefato é dependente da participação dos envolvidos na pesquisa. Desta forma, tendo em vista o caráter híbrido da pesquisa, foi selecionado como método de pesquisa principal da presente dissertação a *Action Design Research (ADR)*.

Note-se que a caracterização do perfil da oferta de soluções *IoT* para abelhas trata-se de um objetivo específico de natureza descritiva. De fato, já há substancial volume de conhecimento sobre *IoT*. Da mesma forma, conforme demonstrado no Capítulo 2. , há conhecimento razoavelmente consolidado sobre a perspectiva do meliponicultor acerca das demandas para o manejo de colmeias de abelhas nativas. Assim, para a realização deste

objetivo específico optou-se pela utilização do método *Survey*, que consiste na caracterização do perfil de uma dada população a partir de um elenco limitado de questões.

A presente pesquisa adota como método de pesquisa transversal, realizado ao longo de todo o seu percurso, a Revisão Bibliográfica Sistemática e Assistemática. Conforme argumenta Santos (2018) a Revisão Bibliográfica é um método de pesquisa per se, sendo usualmente aplicada em conjunção com outro(s) método(s). Estudos de natureza descritiva, que buscam estabelecer o estado da arte acerca de um determinado tema, podem eventualmente utilizar tão somente este método de pesquisa para a solução de um problema.

3.3. Estratégia de Desenvolvimento da Pesquisa

A pesquisa de campo foi realizada em cinco Fases principais, conforme ilustra a FIGURA 3.1. , a seguir. A Fase I trata da Revisão Bibliográfica Assistemática acerca das abelhas nativas sem ferrão, buscando principalmente a compreensão epistemológica da temática, dando início à compreensão da dinâmica de vida desta espécie. Esta etapa buscou estabelecer os requisitos iniciais para o Design de produtos orientados à proteção da abelha nativa.

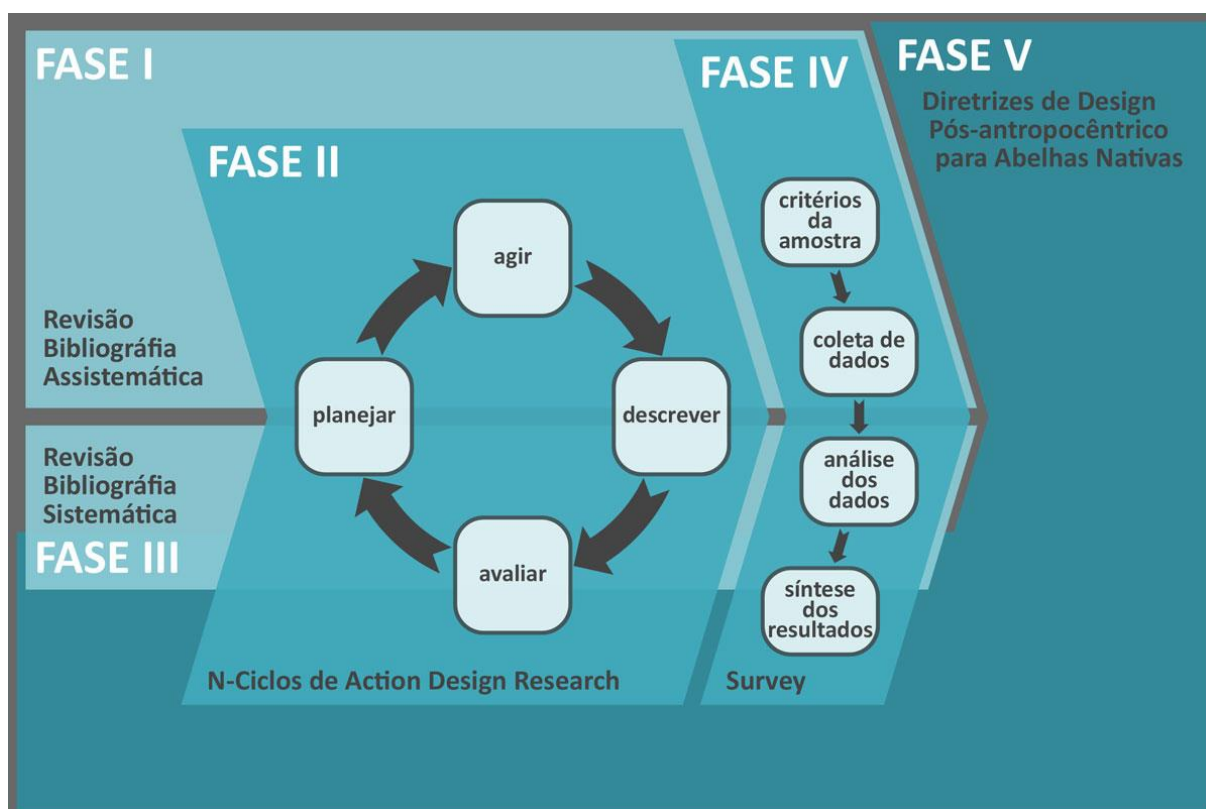


FIGURA 3.1. Estratégia Geral de Desenvolvimento da Pesquisa (Fonte: o autor)

A Fase II trata do desenvolvimento da primeira versão do artefato (colmeia para proteção de abelha nativa, produzida em fabricação digital). Esta fase, realizada através de *Action Design Research*, envolveu além do pesquisador e seu orientador, um time de especialistas em abelhas, além de graduandos realizando iniciação científica. Para os fins da presente dissertação, através do desenvolvimento deste artefato, se buscou a compreensão acerca das implicações em se realizar um projeto de natureza não-antropocêntrica.

A Fase III tratou da revisão do estado da arte acerca do Design Não-Antropocêntrico, buscando principalmente identificar diretrizes passíveis de utilização pelo profissional Designer. Na Fase IV é realizada a *Survey*, voltada ao atendimento de um dos objetivos específicos da pesquisa, com a caracterização da oferta de *IoT* para colmeias e análise da agenda de inovação para o desenvolvimento de soluções *IoT* para melhor atendimento (e compreensão) das demandas das abelhas nativas. Finalmente, na Fase V é realizada a análise cruzada, comparando os resultados de campo (Fase II e IV) com a base teórica levantada (Fase I e III).

3.4. Unidade de Análise

A unidade de análise nesta dissertação é o “desempenho ambiental bioinclusivo” das soluções desenvolvidas. Desempenho ambiental aqui é compreendido sob a perspectiva pós-antropocêntrica, ou seja, considera os impactos em todos os seres no ecossistema.

3.5. Protocolo de Coleta de Dados

3.5.1. Coleta de Dados na Action Design Research (Fase II)

A pesquisa utiliza como principais fontes de dados os documentos, fotos, áudios, artefatos e vídeos que registram as ações ao longo de todo o projeto. Estes dados são estruturados e organizados de acordo o ciclo de Pesquisa Ação, ilustrados na figura a seguir:



FIGURA 3.2. Ciclo da Pesquisa Ação (elaborado pelo autor, com base em Tripp (2005))

A coleta dos dados enfatiza as seguintes técnicas:

- Registro de imagens: coleta, armazenamento e codificação de imagens representativas das principais ações realizadas, incluindo etapas de cocriação para geração de alternativas, produção de *mockups*, fabricação de protótipos e testes em campo;
- Observação direta: acompanhando *in loco* das ações realizadas vis a vis a teoria acerca do Design pós-antropocêntrico, registradas via anotações e diários de bordo;
- Coleta de documentos: registro e organização sistemática dos documentos associados ao projeto, incluindo artigos, relatórios, atas de reunião, e-mails, sketches, dentre outros;
- Artefatos físicos e digitais: coleta de artefatos físicos como *mockups* e componentes fabricados digitalmente (colmeia) bem sequência de visualizações 2D e 3D do artefato desenvolvido.

Concomitante à coleta de dados, voltada a viabilizar reflexões sobre as lições aprendidas ao longo do ciclo da pesquisa ação, o protocolo de coleta de dados também envolve a reflexão sobre o artefato, resultado da lógica abduktiva oriunda da *DSR*. O processo de desenvolvimento do conhecimento através de um artefato na *DSR* é ilustrado na figura a seguir, conforme proposta por Vaishnavi *et al.* (2004):

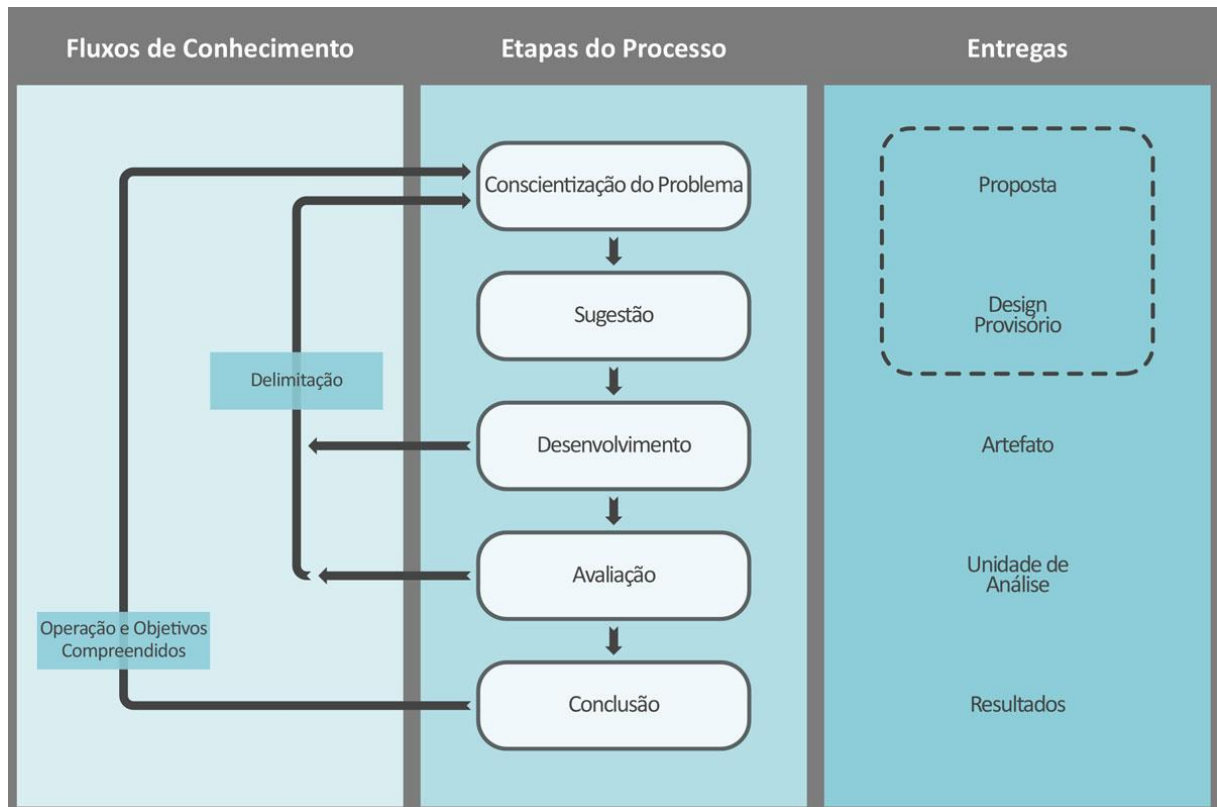


FIGURA 3.3. Lógica da Design Science Research (elaborado pelo do autor, com base em Vaishnavi *et al.* (2004))

Note-se que o protocolo de coleta de dados enfatiza a coleta de elementos acerca do aprendizado obtido a partir do processo realizado, assim como acerca do artefato obtido. Assim, a profundidade e validade das lições obtidas ao longo da ação, sejam elas positivas ou negativas, é que determinam a qualidade da pesquisa ação. Desta forma, em consonância às características da *Action Design Research*, o aprendizado obtido ao longo do processo de desenvolvimento é estruturado conforme os ciclos de pesquisa ação e, ao mesmo tempo, o desenvolvimento e avaliação do artefato segue a estrutura da *Design Science Research*.

3.5.2. Coleta de Dados na Survey - Fase IV

3.5.2.1. Critério de Seleção da Amostra - Fase IV

O critério principal para seleção da amostra de artefatos é a existência de funcionalidades de *IoT* direcionadas para aplicações em abelhas. Reitera-se que a investigação busca avaliar o potencial das soluções *IoT* para a atividade cotidiana de meliponicultura. Parte-se do pressuposto de que a grande maioria das soluções existentes no mercado é direcionada para a apicultura, onde há maior capacidade econômica de investimentos em inovações de natureza tecnológica.

3.5.2.2. Instrumento de Coleta de Dados da Survey - Fase IV

Para a caracterização das ofertas de *IoT* para abelhas, vis a vis as necessidades específicas da meliponicultura, utilizou-se o Formulário 01, conforme mostra o QUADRO 3.2. , a seguir.

Este formulário procura situar as funções de *IoT* de acordo com as principais etapas do processo de manejo na meliponicultura, conforme descrito no Capítulo 02. Note-se que este formulário inclui campo voltado a caracterizar o sensor *IoT* presente no artefato em relação ao rol de demandas do meliponicultor, conforme a listagem a seguir:

- **temperatura:** detecta variação na temperatura da colmeia;
- **umidade:** detecta variação na umidade relativa no recipiente;
- **pressão, carga:** detecta variações de peso da colônia;
- **ótico, visual:** visualiza a situação interna da caixa;
- **movimento, GPS:** detecta deslocamentos geográficos da estrutura;
- **inclinação:** afere a inclinação da estrutura em relação ao solo;
- **som, vibração:** detecta variações na atividade interna das abelhas pelo zunido;
- **nível, transbordo:** detecta variações no estoque de alimentos;
- **fluxo:** detecta a movimentação das campeiras;
- **presença, proximidade:** detecta a presença de estruturas;
- **químico, gás:** afere a concentração de COVs no ambiente;

- **elétrico, magnético:** aciona e percebe acionamentos de mecanismos.

Formulário 1 - Caracterização das ofertas de <i>IoT</i> para abelhas																
Produto:										Fabricante:						
Site:										País de origem:						
Observações:																
sensores	se disponível, quais as características? (sensibilidade, funcionamento, etc.)	atividades de manejo na meliponicultura														
		obter colônias	transferir colônias	dividir colônias	transportar colônias	confeccionar e concertar caixas racionais	inspecionar periodicamente as colônias	fornecer alimentação artificial	fornecer reforço de cera	fornecer água limpa nas proximidades	assear e administrar o interior das caixas	assear o ambiente circunvizinho às caixas	coletar produtos (mel, própolis, cera & c.)	combater inimigos naturais	fundir colônias enfraquecidas	proteger contra frio e insolação
temperatura																
umidade																
pressão, carga																
ótico, visual																
movimento, GPS																
inclinação																
som, vibração																
nível, transbordo																
fluxo																
presença, proximidade																
químico, gás																
elétrico, magnético																
preenchimento segundo equivalência entre característica do sensor disponível Vs. necessidade requerida pela atividade de manejo, conforme a legenda:		nd: não disponível;			1/3: inferior;			2/3: equivalente;			3/3: superior.					

QUADRO 3.2. Formulário para coleta de dados de dispositivos *IoT* para abelhas (Fonte: o autor)

3.6. Estratégia de Análise

3.6.1. Estratégia de Análise da Action Design Research - Fase II

O conteúdo da ação em cada ciclo, tendo em vista a adoção da lógica abdutiva da *Design Science Research*, resulta em similaridades diretas com o processo de Design. Assim, conforme mostra a FIGURA 3.4. , em cada ação realiza-se a compreensão do problema, a

geração de alternativas, o desenvolvimento do artefato, sua avaliação e, então, a reflexão acerca das generalizações teóricas possíveis.

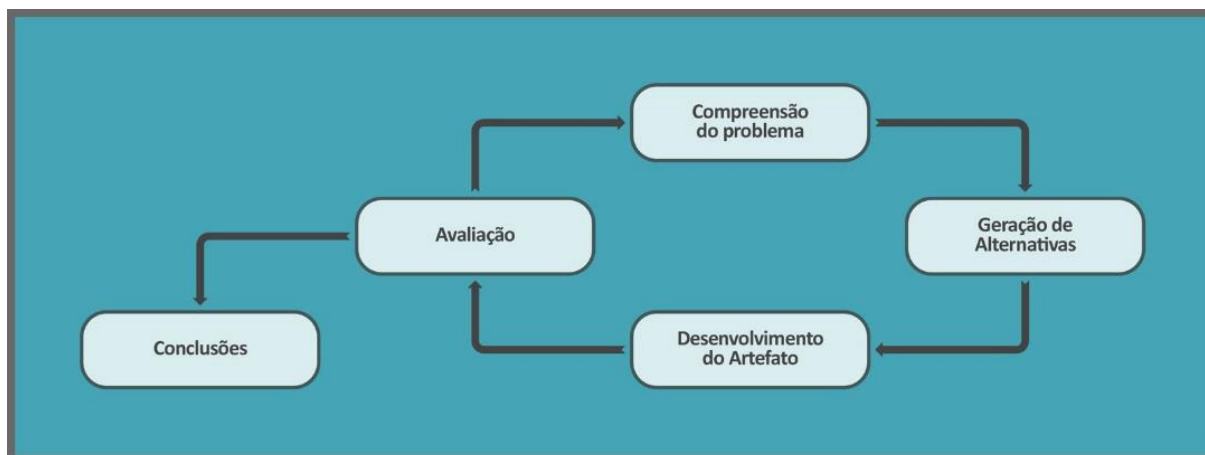


FIGURA 3.4. Etapas do ciclo de Design Science Research (elaborado pelo autor, com base em SANTOS, 2018)

Conforme argumenta Santos (2018, p. 82) este ciclo pode ser realizado de forma colaborativa, com direta participação de todos os atores envolvidos, ou de prescritiva pelo pesquisador, a partir de sua perspectiva sobre o problema. Desta forma, as conclusões do presente estudo são obtidas na etapa de avaliação, que contrapõe a visão do “como deveria ser a realidade” e o que a aplicação (simulada ou real) do artefato mostrou possível e/ou provável.

Sob a perspectiva da dimensão da pesquisa ação realizada, é importante notar que, segundo Engel (2000), esta abordagem é situacional, procurando uma resposta específica para uma situação específica, não gerando, desta forma, uma generalização universal para as soluções encontradas.




Thiollent (2011) destaca que a generalização pode ser elaborada progressivamente a partir da discussão de várias pesquisas de natureza semelhante, mas realizadas em situações e locais diferentes, ampliando a validade externa das conclusões. Desta forma, a pesquisa ação permite a generalização analítica em contraposição à generalização estatística, ou seja, a generalização dos modelos abstratos do conhecimento obtido na pesquisa de campo (YIN, 2010).

Como elemento central para a realização da análise na Fase II, realizou-se a confrontação das práticas realizadas durante os ciclos de *Action Design Research* aos princípios da ética

bioinclusiva de Mathews (2011) e parâmetros definidos por Veselova e Gaziulusoy (2019) para a prática de Design Participativo e Colaborativo (C&PD) e apresentados no Capítulo 02.

3.6.2. Estratégia de Análise da Survey

As atividades de manejo são inicialmente analisadas e situadas em: *início*, *expansão*, *rotina* e *mitigação*, segundo a aplicabilidade (*alta*, *média*, *baixa*, *não aplicável* e *desaconselhável*), gerando um quadro síntese.

Intensidade da aplicação das atividades por fases				 alta	
início	expansão	rotina	mitigação	 média	NA não aplicável
				 baixa	X desaconselhável
Atividades de manejo na meliponicultura					
				obter colônias	
				transferir colônias	
				dividir colônias	
				transportar colônias	
				confeccionar e arrumar caixas racionais	
				inspecionar periodicamente as colônias	
				fornecer alimentação artificial	
				fornecer reforço de cera	
				fornecer água limpa nas proximidades	
				assear e administrar o interior das caixas	
				assear o ambiente circunvizinho às caixas	
				coletar produtos (mel, própolis, cera & c.)	
				combater inimigos naturais	
				elevar a umidade relativa interna	
				fundir colônias enfraquecidas	
				proteger contra frio e insolação	

QUADRO 3.3. Síntese de atividades descritas em literatura, para avaliação da afinidade da aplicação em fases distintas (elaborado pelo autor, baseado em NOGUEIRA NETO (1997), VILLAS-BÔAS (2012), BARROS (2013) e PALUMBO (2015))

Para elaboração de mapas auxiliares à análise a cada grau de aplicabilidade foram atribuídos valores, sendo: *alta*=1, *média*=2/3, *baixa*=1/3, *não aplicável*=0 e *desaconselhável*=0.

Na próxima etapa do processo de análise é elaborado uma matriz de avaliação do grau de afinidade (*alta*, *média*, *baixa* e *não aplicável*) entre as atividades de manejo elencadas e os sensores em *IoT* aplicáveis à meliponicultura, resultando em outro quadro síntese. Como na etapa anterior, a cada grau de aplicabilidade foram atribuídos valores: *alta*=1, *média*=2/3, *baixa*=1/3 e *não aplicável*=0. A matriz resultante busca fornecer um panorama inicial da aplicabilidade dos sensores em cada atividade do meliponicultor.

Atividades de manejo na meliponicultura	Matriz de avaliação da afinidade entre atividades de manejo na meliponicultura e sensores <i>IoT</i>												
	temperatura	umidade	pressão, carga	óptico, visual	movimento, GPS	inclinação	som, vibração	nível, transbordo	fluxo	presença, proximidade	químico, gás	elétrico, magnético	
obter colônias													
transferir colônias													
dividir colônias													
transportar colônias													
confeccionar e arrumar caixas racionais													
inspecionar periodicamente as colônias													
fornecer alimentação artificial													
fornecer reforço de cera													
fornecer água limpa nas proximidades													
assear e administrar o interior das caixas													
assear o ambiente circunvizinho às caixas													
coletar produtos (mel, própolis, cera & c.)													
combater inimigos naturais													
eleva a umidade relativa interna													
fundir colônias enfraquecidas													
proteger contra frio e insolação													

QUADRO 3.4. Matriz para avaliação da afinidade entre atividades da meliponicultura e sensores em *IoT* (Fonte: o autor)

Como o objetivo desta Fase da dissertação é *avaliar a capacidade de artefatos IoT comercialmente disponíveis atenderem a demandas do manejo da meliponicultura*, é necessário ainda a elaboração de uma matriz que evidencie as características dos produtos

investigados quanto a disponibilidade e grau de equivalência (*superior*=1, *equivalente*=2/3, *inferior*=1/3 e *não disponível*=0) entre seus sensores e o perfil dos sensores demandados pela meliponicultura. A análise da *survey* conclui-se com elaboração de um quadro síntese, apresentando o cruzamento entre as funcionalidades dos produtos comercialmente disponíveis para apicultura e as funcionalidades úteis às atividades de rotina do meliponicultor, buscando identificar tanto as zonas de apoio direto das soluções *IoT* e eventuais contribuições das soluções existentes na ampliação do valor agregado da atividade do meliponicultor, como potenciais melhorias aos dispositivos *IoT* para um atendimento amplificado às necessidades da meliponicultura.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

4.1. Contexto do Projeto Colmeias Urbanas

Nesta seção serão apresentados os resultados e análises correspondentes à Fase II, os ciclos de *Action Design Research*.

A pesquisa de campo desta dissertação foi realizada dentro do Projeto Colmeias Urbanas, projeto de extensão extracurricular iniciado em 2017 e realizado no Núcleo de Design & Sustentabilidade da UFPR.

O projeto Colmeias Urbanas tinha como objetivo o desenvolvimento de soluções para proteção de abelhas nativas no ambiente urbano. De maneira mais específica, objetiva o desenvolvimento de uma caixa de abelhas passível de ser produzida seguindo o conceito de manufatura distribuída, através do uso de fabricação digital, e design aberto (*Open-Source Design*).

O cronograma original do projeto previa um total de 9 etapas, iniciadas em junho de 2017 e concluídas em agosto de 2018 (vide QUADRO 4.1.). Motivados pelos resultados a equipe do Núcleo de Design & Sustentabilidade decidiu por reposicionar o mesmo como um projeto permanente.

DATA	ETAPAS DO PROJETO
Junho/2017	Revisão Bibliográfica
Julho/2017	Atividade conjunta com Especialistas
Agosto/2017	Geração de Alternativas
Setembro/2017	Produção de Protótipos
Outubro/2017	Teste de Campo
Março/2018	Avaliação Verão/Revisão do Design
Abril/2018	Produção de Material Visual/Institucional
Julho/2018	Avaliação Inverno/Revisão do Design
Agosto/2018	Evento de Disseminação

QUADRO 4.1. Cronograma original do Projeto Colmeias Urbanas

Vale lembrar que distintamente dos objetivos do Projeto Colmeias Urbanas, esta dissertação tem como objetivo principal propor diretrizes para o Design Pós-antropocêntrico voltadas ao desenvolvimento de soluções para a proteção de abelhas da subfamília Meliponíneos no

meio urbano, além de buscar determinar diretrizes para o uso da Fabricação Digital e *IoT* no projeto de soluções para proteção de abelhas nativas e determinar meta-requisitos para o projeto de Colmeias voltadas à Fabricação Digital, com vistas ao Design Aberto (*Open-Source Design*). Desta forma, extraiu-se para o corpo desta dissertação estritamente os dados e informações que contribuem para o atendimento destes objetivos, estando o relato estruturado de acordo com o recorte realizado.

4.1.1. Ciclo 01: Determinação de meta requisitos para o projeto da colmeia para Abelha Nativa

4.1.1.1. Planejamento - Ciclo 01

Este ciclo trata de um dos objetivos específicos da dissertação e sua realização ocorreu via integração de resultados de uma Revisão Bibliográfica Assistemática (RBA) com os resultados de consulta realizada a um time de especialistas no tema. O processo da RBA foi realizado em três etapas que se sobrepuseram à medida que avançou: planejamento, execução e análise dos resultados.

No planejamento foi elaborado uma lista prévia de conteúdos que deveriam ser investigados, enfatizando as abelhas nativas. Da etapa de planejamento para a etapa de execução itens foram incrementados à lista de conteúdo a serem investigados, buscando amparo à compreensão epistemológica da temática e o entendimento da dinâmica de vida das abelhas nativas. Avançando da etapa de execução para a etapa de análise se tomou ciência das variações em minúcias nas especificações demandadas espécies distintas, e que a espécie Jataí (*Tetragosnisca angustula angustula*) tem relevante afinidade ao ambiente urbano (MARTINS *et al.* 2015), o que a colocou como provável postulante ao projeto. A etapa de análise encerrou com uma lista inicial de requisitos, identificados na revisão de literatura, para o Design de produtos orientados à proteção da abelha nativa, para ser apresentada e debatida em um *workshop* com especialistas em abelhas nativas. Para a elaboração desta lista inicial de requisitos destaca-se as seguintes fontes utilizadas:

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo, SP: Nogueirapis, 445 p. 1997.

PALUMBO, Hermes N. **Nossas Brasileirinhas: As abelhas nativas**. Curitiba, 72 p., 2015.

VENTURIERI, G. C. **Criação de Abelhas Indígenas**. 2 ed. EMBRAPA Amazônia Oriental: Belém, 62 p., 2008.

VILLAS-BÔAS, J. **Manual Tecnológico: Mel de Abelhas sem Ferrão**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 96 p., 2012.

Os especialistas participantes do *workshop*, relacionados no QUADRO 4.2. , possuem formação e atuações profissionais diversificadas, e contribuíram para ampliar sobremaneira a qualidade e profundidade dos requisitos pré-identificados.

Nome	Especialidade	Instituição/Organização
Adhemar Pegoraro	Agrônomo, MSc Entomologia, PhD Produção Vegetal	UFPR
Arilson Tomporoski	Agrônomo, Meliponicultor	Autônomo
Cláudia Bório	Advogada especialista em Direito Civil e Ambiental	Sociedade civil
Guilherme Schuhli	Biólogo, MSc Biologia, PhD Entomologia	EMBRAPA
Kátia Ostrovski	Zootecnista, MSc Apicultura, doutoranda em Zootecnia	UFPR
Márcia Beux	Bióloga, MSc Química Alimentar, PhD Alimentos	UFPR
Solange Malkowski	Entomologista	Museu Hist. Nat. do C. da Imbuia
Felipe de Jesus	Agroecologista, Meliponicultor	Prefeitura Municipal de Curitiba

QUADRO 4.2. *Relação dos Especialistas envolvidos no Ciclo 01 do projeto*

4.1.1.2. Ação - Ciclo 01

A apresentação da proposta em si, com características inovadoras, comparativamente às experiências dos especialistas convidados trouxe reações diversas. A ideia de se utilizar impressão 3D para a fabricação da caixa racional³ gerou insegurança em alguns e entusiasmo em outros, tais reações não passaram despercebidas e tratou-se de esclarecer as dúvidas. Ao uso de plástico numa caixa que abrigaria permanentemente uma espécie foi apresentado a possibilidade de se realizar esta produção com o PLA - Ácido Polilático, um polímero sintético termoplástico biodegradável, produzido pela fermentação de vegetais ricos em amido, utilizado em impressão 3D (ECYCLE, 2021). A disponibilização do projeto via *open-*

³ Nome dado às caixas que abrigarão as colônias (PALUMBO, 2015; VENTURIERI, 2004), que também pode ser denominadas colmeias racionais (NOGUEIRA-NETO, 1997) ou simplesmente caixas (VILLAS-BÔAS, 2012).

source cria a necessidade de se orientar corretamente qualquer leigo que resolva colocar o projeto em prática, a fim de não causar distúrbios no ambiente em que for aplicar seu uso. Houve concordância pelos especialistas de que a espécie que melhor poderia ser atendida por um projeto como proposto, para o meio urbano, seria a espécie Jataí (*Tetragosnisca angustula angustula*).

A lista inicial dos requisitos foi organizada em requisitos obrigatórios, que deveriam necessariamente estar presentes no Design da colmeia, independente do conceito que se adotasse, e requisitos desejáveis, que sua aplicação poderia ampliar a qualidade funcional do produto, ainda que não fossem imprescindíveis.

O *workshop* consistiu em uma consulta estruturada aos especialistas em abelhas nativas, e ocorreu nas dependências do Núcleo de Design & Sustentabilidade. Por haver necessidade de se definir claramente os requisitos para dar prosseguimento ao projeto, aplicou-se uma dinâmica baseada na lógica do Método Delphi⁴. Não obstante, a definição dos requisitos configurou-se como um tema recorrente, sofrendo revisões frequentes ao longo dos encontros subsequentes, à medida que se avançava com o projeto do artefato.

Postos em debate os integrantes do grupo apresentaram seus próprios saberes a respeito de cada requisito apresentado, e incluíram requisitos não identificados em literatura. O *workshop* envolveu o debate acerca do nível de obrigatoriedade dos requisitos identificados, apontando-se variações de percepção onde pertinente. As discussões seguiram de forma linear a apresentação dos requisitos pré-identificados na literatura, apoiada por imagens ilustrativas. Cada especialista teve ampla liberdade e estímulo para apresentar seus respectivos pontos de vista. As anotações realizadas destas observações buscaram distinguir aquilo que era consenso versus os pontos onde havia dissenso.

4.1.1.3. Observação - Ciclo 01

Avançando ao debate dos requisitos, a variedade de heurísticas nas abordagens de campo na meliponicultura propicia um cenário de percepções divergentes acerca de um mesmo

⁴ Segundo Oliveira (2008, p.V) “o Método Delphi, de um modo geral, é definido como uma atividade interativa desenhada para combinar opiniões de um grupo de especialistas para obtenção de consenso”.

tópico. Este cenário já havia sido identificado na revisão de literatura, onde por exemplo Palumbo (2015), menciona espessuras de paredes para as caixas racionais de 7cm e Nogueira-Neto (1997) e Venturieri (2004) descrevem caixas com espessuras de parede de 2,5cm. No *workshop* com os especialistas esta divergência se relacionou principalmente à condição severa do clima na região de Curitiba, somado a isso a característica *open-source* do projeto, que o habilitaria para ser executado em locais de climas distintos ao clima curitibano. O consenso ficou na necessidade desta parede garantir a eficiência térmica, independentemente de sua espessura, o que levou a ser redigido sem uma dimensão de espessura objetiva (vide requisito C no QUADRO 4.3.).

O tópico referente à pintura externa das caixas também mostrou divergências entre os especialistas e na literatura. Para alguns a pintura das caixas é desnecessária e pode causar uma perda de características do “respiro” da madeira, enquanto para outros é importante para preservação do material em regiões de alta umidade, diminuindo a necessidade de manutenções. Na literatura, Nogueira-Neto (1997) explicita que não recomenda tal pintura, que isto foge à condição natural encontrada pelas abelhas na natureza, a menos que a região sofra de excesso de umidade, para Palumbo (2015) recomenda que tal pintura seja realizada em tinta PVA de cores claras, o que também é mencionado por Nogueira-Neto (1997) nas situações em que a pintura protegerá a caixa da umidade excessiva. Nesse tópico foi importante trazer ao debate o fato do projeto ser voltado a fabricação digital, fato já posto, mas que devido ao caráter inovador escapava aos especialistas com frequência, nesse sentido o tópico se mostrava relevante pois determinaria as cores passíveis ao filamento na impressão 3D. Por fim foi mantido a recomendação às cores claras, sendo um requisito desejável (vide requisito U no QUADRO 4.3.).

O requisito sobre a orientação cardinal (requisito L) propiciou conversa intensa pois, para alguns a geografia do local onde se instalará a caixa é potencialmente mais determinante na escolha de um local para instalação da colmeia que o próprio direcionamento cardinal da entrada da colmeia, esta percepção parte do pressuposto que é mais importante observar o sentido das correntes de vento do local, chuvas direcionadas e as posições com melhor insolação do que direcionar a caixa ao sol nascente diretamente, posto que encostas, matas fechadas, ou estruturas humanas poderão determinar as condições das intempéries num

local específico. Por outro lado, como um direcionamento geral este fator potencialmente auxilia o tutor da colmeia a escolher um local para a instalação, considerando também as condições específicas de seu local. A redação do requisito foi ligeiramente ajustada aos pontos de consenso geral (vide requisito L no QUADRO 4.3.).

Os requisitos que levavam ao dimensionamento da caixa (requisitos A, F, M e Q) também mostraram certa divergência. Na literatura caixas racionais com 3 módulos não são unânimes, embora seja apresentada pela maioria dos autores mais atuais (VENTURIERI, 2004; VILLAS-BÔAS, 2015 e PALUMBO, 2015), Nogueira-Neto (1997) apresenta sua própria versão para caixa racional com apenas dois módulos e com outras dimensões. De forma geral os especialistas recomendaram o uso de 3 módulos, que devem ser liberados às abelhas à medida que ocupam os espaços internos. O dimensionamento da caixa não teve unanimidade, o fato de a impressão 3D propiciar formas além das retas convencionais observadas nas caixas racionais se mostrava algo pouco palpável, nem mesmo vantajoso, para alguns dos especialistas. Neste sentido coube a defesa de que formas arredondadas são mais eficientes termicamente, o que poderia proporcionar economia de material na produção e energia para as abelhas no uso. O consenso final levou à redação dos requisitos conforme apresentados.

Alguns requisitos foram incluídos pelos designers do projeto, a fim de atender demandas observadas para uma colmeia distinta das colmeias de meliponários: os requisitos D e G que tratam dos sistemas de abertura, fechamento, trava e vedação entre os módulos; o requisito M que estipula formas orgânicas ao produto final; o requisito O, que determina a previsão do uso de *datalogger*; e o requisito P, que estabelece sistema de fixação versátil para caixa. Alguns destes requisitos estavam fora da expectativa de alguns especialistas, por se distanciarem da realidade que conhecem. Apesar disso, explicado suas razões de ser foi encontrado o consenso sobre suas definições.

O resultado do debate com os especialistas, organizado em requisitos obrigatórios e desejáveis, segue apresentado abaixo.

REQUISITOS**OBRIGATÓRIOS****DESEJÁVEIS**

A	Possuir dois módulos para discos de cria, o ninho e sobreninho, e um módulo de melgueira, possibilitando expansão gradativa da colmeia;
B	Possuir afastadores de discos de cria na base interna da colmeia, tanto para propiciar uma área de deposição de resíduos pelas abelhas, como para reduzir as perdas de calor por condução;
C	Possuir bom desempenho térmico, garantindo uma flutuação térmica entre 30 e 36°C em seu interior;
D	Possuir trava e vedação entre os módulos, evitando-se a desmontagem acidental dos módulos e componentes no manuseio;
E	Possibilitar alimentação artificial, dado que em regiões com invernos rigorosos é usual e relevante prover alimento suplementar em contenedor dentro da melgueira;
F	Adequar as dimensões para a abelha Jataí, isto é, módulos com tamanhos de 12 a 15 de diâmetro e 7 cm de altura;
G	Possuir abertura simples entre os módulos, considerando formas para reduzir os danos nas estruturas internas e não maltratar as abelhas;
H	Propiciar proteção contra ventos e chuvas, sobretudo as dirigidas, impedindo acúmulo de água e inundação;
I	Adequar o diâmetro do pito de entrada para a abelha Jataí, isto é, 5mm, e estreitamento até 3mm favorecendo a defeza contra invasores;
J	Propiciar proteção contra invasores e/ou predadores (forídeos, aranhas, lagartixas, passarinhos, entre outros);
K	Usar cores para diferenciação do produto pelas abelhas, evitando ingresso equivocado em colmeias próximas;
L	Favorecer a compreensão de orientação cardeal na instalação do produto, posto que uma maior incidência da radiação solar e luz ao longo do dia é favorável colmeia;
M	Buscar formas orgânicas para o produto, conforme aquelas escolhidas pelas abelhas no ambiente natural para nidificar, emulando elementos da natureza;
N	Possuir paredes internas porosas que favoreçam a fixação dos elementos internos da colmeia produzidos pelas abelhas, o que é imprescindível à sua circulação interna;
O	Estruturar o produto antevendo o uso de datalogger para monitoramento de umidade, temperatura, sons e outros indicadores relevantes da higidez da colmeia de forma remota;
P	Elaborar sistema que propicie uma fixação segura do produto, tanto em paredes como em árvores;
Q	Possuir passagem com diâmetro mínimo de 7cm entre ninho e sobreninho, e de 3cm entre sobreninho e melgueira, com oclusão e liberação dos módulos conforme necessidade;
R	Possibilitar a impressão 3D de matrizes de potes de mel, o que reduz o dispêndio de energia e materiais na construção das melgueiras em locais com maior fragilidade do ecossistema;
S	Integrar armadilha para forídeos, para uso com solução avinagrada, entre a tampa superior do produto e a melgueira;
T	Favorecer a visualização do interior da colônia nas inspeções de manutenção, diagnóstico e em atividades de educação ambiental;
U	Apresentar cores claras, como sugerido pelos especialistas, distinta da condição in natura, onde as colônias nidificam em locais de cores opacas e escuras, como troncos e fendas rochosas;
V	Permitir a aplicação de feromônios atrativos para abelhas agregar a função de armadilha ao produto.

QUADRO 4.3. Lista de meta-requisitos, conforme definidos após o workshop

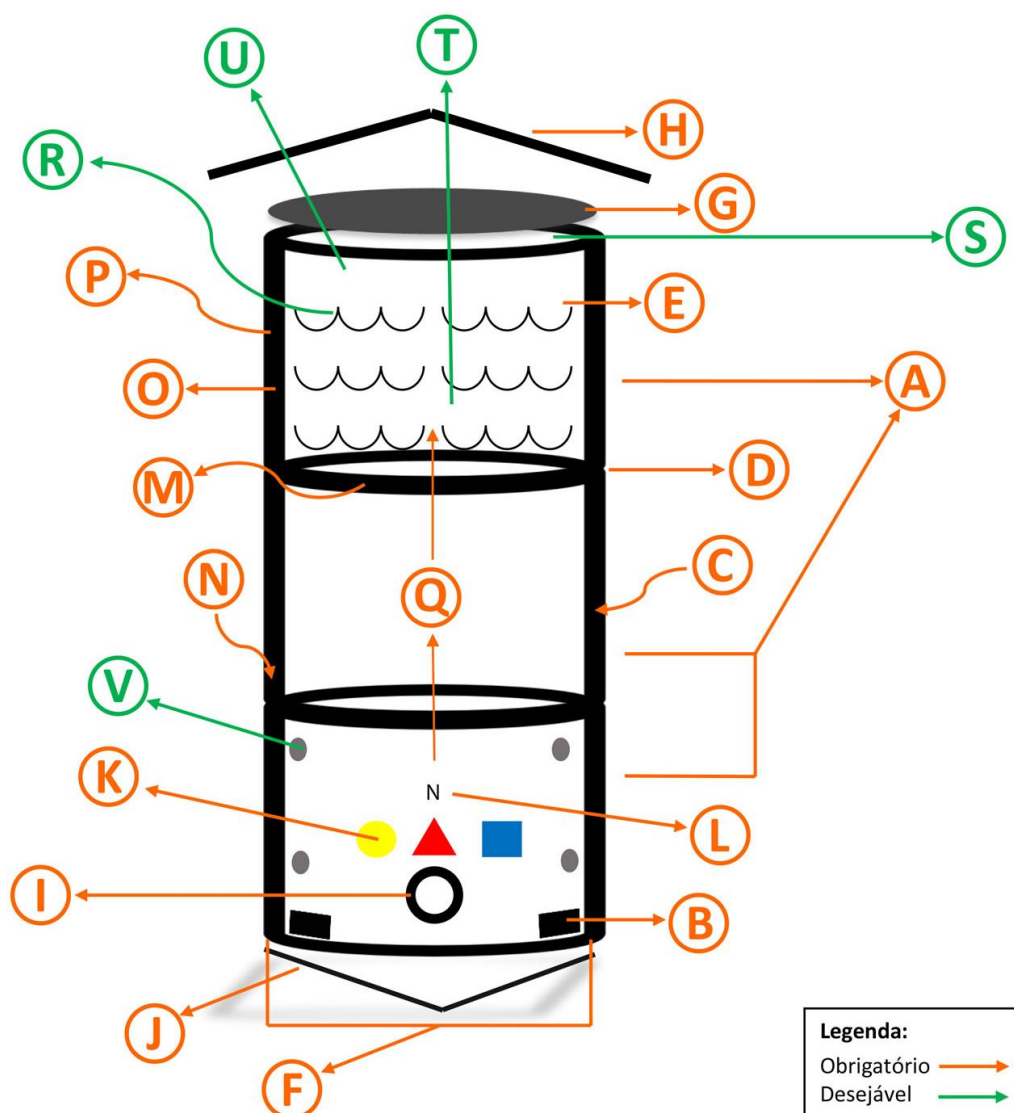


FIGURA 4.1. Distribuição esquemática dos meta-requisitos no “meta-produto”

4.1.1.4. Reflexão - Ciclo 01

Durante a apresentação dos requisitos ao grupo de especialistas, emergiu um debate que evidenciou a carência de pesquisas científicas sobre meliponíneos. Os especialistas possuem uma vasta carga de conhecimento empírico, oriundo das práticas individuais e das heurísticas compartilhadas entre profissionais da área.

É importante destacar que atualmente a meliponicultura de caráter comercial e voltada à extração de mel é a principal demandante à produção de conhecimento sobre os meliponíneos. Desta forma, o conhecimento identificado na revisão de literatura e junto aos

especialistas é afetado por esta busca pela maior eficiência na produção de mel e outros subprodutos, assim este conhecimento tem uma base e uma gênese eminentemente antropocêntrica. Esta situação coloca um desafio epistemológico e ontológico para o alcance dos objetivos propostos à presente pesquisa.

A gênese antropocêntrica dos requisitos, ainda que se buscasse a proteção ambiental das abelhas, afetou diretamente o conteúdo, estrutura e redação dos requisitos. A divisão da colmeia em seções de ninho, sobreninho e melgueira segue uma lógica que não é observada pelas abelhas na natureza. Esta lógica é utilizada na meliponicultura para facilitar a colheita do mel e o processo de divisão de colmeias. De fato, é comum que ninho e melgueira compartilhem o mesmo espaço em colmeias no ambiente natural. Esta configuração observada na natureza traz consigo algumas vantagens para as abelhas: maior proximidade dos potes de mel e pólen dos discos de cria, facilitando a alimentação da rainha; utilização dos potes de mel e pólen como anteparo térmico adicional à parede da colmeia; maior dificuldade de ataque de forídeos em função da implementação de canais mais intrincados de circulação na colmeia.

O **Princípio Bioinclusivo**, se empregado à risca, impingiria a busca por informações sobre as espécies em situações *in natura*, em detrimento às informações das situações de criação em meliponários. A base da revisão de literatura, sendo a maior parte composta por manuais técnicos de meliponicultura, que de fato são mais descritivos e fáceis de compreender que as informações da literatura de zoologia e biologia, trouxe um conteúdo impregnado de fatores humanos na forma como lida com as abelhas nativas.

No mesmo sentido, o **Princípio Bio-Sinérgico** poderia incentivar a busca das razões para as abelhas organizarem suas estruturas na natureza de formas diversas das observadas em caixas racionais, o que traz à tona motivações humanas para decisões que impactam as abelhas, e a questão: porque manter a melgueira separada se é uma necessidade do ser humano que não traz benefício direto às abelhas? Ao contrário, isto possivelmente aumenta sua exposição aos riscos ambientais como oscilações de temperatura e ataques de inimigos naturais, as faz a gastar mais energia. **Respeitar a dinâmica da vida tendo atenção às escolhas para que elas sejam feitas em atendimento às vidas por elas afetadas** é possivelmente um dos Princípios para um Design Pós-Antropocêntrico.

Ao compreender e aceitar as dinâmicas naturais que vida proporciona, vem à tona a percepção de que **todos os seres vivos têm direito em equidade à vida**, incluindo o ser humano, todos fazem parte de uma mesma comunidade de seres que tem os mesmos direitos à vida e ao espaço ambiental. A revisão de literatura mostra que a consideração da proteção das abelhas nativas é tema ainda bastante recente. A Lei Estadual do Paraná 19152 foi promulgada em 02 de outubro de 2017. Seu primeiro artigo tem a seguinte redação:

Art. 1º Dispõe sobre a criação, o manejo, o comércio e o transporte de abelhas sociais nativas (meliponíneos), visando atender às finalidades socioculturais, de pesquisa científica, de educação ambiental, de conservação, de exposição, de manutenção, de criação, de reprodução, de comercialização, de beneficiamento de produtos e subprodutos, e de preservação in situ.

Percebe, que esta lei, relativamente recente, organiza a relação da sociedade humana com as espécies de abelhas nativas, dando especial atenção à exploração comercial, no entanto, os relevantes serviços ambientais prestados por estas espécies permanecem nas entrelinhas. Pode-se inferir que a atenção à sua proteção passou a ter maior destaque a partir da identificação dos benefícios econômicos da extração de seu mel.

Todos os seres vivos têm sua existência e sobrevivência interconectada e embora nem sempre seja possível estabelecer relações de causa-efeito do impacto da existência de um ser vivo na existência e sobrevivência de outras espécies, a consideração desta relação sistêmica necessita ser encarada como uma premissa em projetos não-antropocêntricos.

Todos os seres vivos realizam contribuições positivas na harmonia da natureza, ainda que estas contribuições não possam ser explicitamente percebidas. A revisão bibliográfica em conjunto ao *workshop* com os especialistas mostrou, por exemplo, o impacto das abelhas nativas na polinização e a repercussão deste serviço ambiental na proteção dos ecossistemas (WINFREE *et al.* 2007; HALL *et al.* 2017 e MAKINSON *et al.* 2017). Contudo, particularmente quando se trata de observações no meio urbano, este impacto é difuso e difícil de ser mensurado.

Seres humanos não são inerentemente superiores a outros seres vivos. A organização eficiente das abelhas, com sua capacidade de organização coletiva, competência em extrair recursos de seu entorno sem afetar a resiliência da natureza; capacidade de organizar

rapidamente suas defesas a ataques externos; habilidade de monitorar a qualidade ambiental, dentre outros atributos (NOGUEIRA-NETO, 1997; VENTURIERI, 2012; PALUMBO, 2015), revelam competências que seriam dificilmente emuladas pelos seres humanos e suas tecnologias.

4.1.2. Ciclo 02: Geração de alternativas (e validação dos meta-requisitos levantados)

4.1.2.1. Planejamento - Ciclo 02

A geração de alternativas foi realizada nas dependências do Núcleo de Design & Sustentabilidade. Para os propósitos desta dissertação este ciclo contribui na validação dos meta-requisitos identificados no Ciclo 01. Em sua maioria os participantes do *workshop* de geração de alternativas eram Designers, tendo em vista que a estratégia acordada foi a de gerar alternativas inicialmente somente com os pesquisadores para, na sequência, estas alternativas serem apresentadas para os especialistas. Para este *workshop* de geração de alternativas foi previsto 2 horas de duração, iniciando com a (1) apresentação dos requisitos, (2) realização de brainstorming, e (3) a aplicação da técnica 635.

4.1.2.2. Ação - Ciclo 02

A seguir são apresentados alguns exemplos de alternativas geradas neste *workshop*, de acordo com os requisitos identificados no ciclo anterior:

4.1.2.2.1. Requisito C - Possuir bom desempenho térmico, garantindo uma flutuação térmica entre 30 e 36°C em seu interior

No ambiente natural, o desempenho térmico das covas escolhidas pelas abelhas para nidificação é fator determinante na fixação e desenvolvimento de uma colmeia. Numa colmeia racional não haveria de ser diferente. Por este motivo os especialistas ressaltaram no Ciclo 01 as dificuldades atinentes ao clima rigoroso da região metropolitana de Curitiba e a consequente necessidade de se utilizar espessuras de madeira de até 70mm na construção de colmeias racionais convencionais (PALUMBO, 2015). Tal fator trouxe ao debate dúvidas se

as características da impressão 3D poderiam garantir a estabilidade térmica da colmeia, com temperatura interna oscilando entre 30 e 36°C. Lembrando que, conforme delimitado no Capítulo 1, não faz parte do escopo deste projeto fazer uma rigorosa avaliação da eficiência térmica do material resultante da impressão 3D, foi proposto, como opção a incorporação do princípio de parede dupla com ar contido, considerando a hipótese de que a ausência de circulação de ar na camada intermediária reduziria a perda de calor por convecção e condução. A utilização de solução de sombreamento deveria contribuir na redução da absorção de radiação do meio externo.

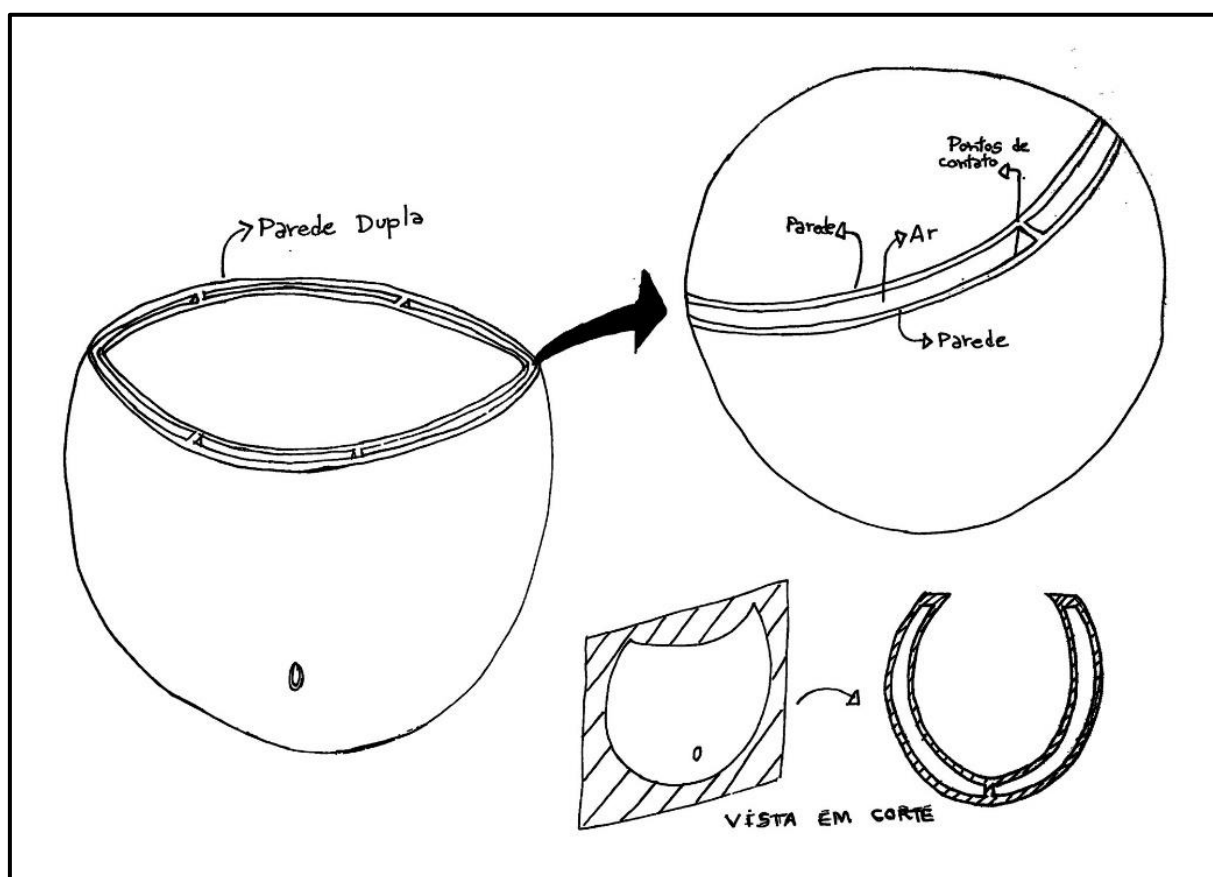


FIGURA 4.2. Sugestão de parede dupla para redução de perda de calor por condução e consequente elevação de eficiência térmica

4.1.2.2.2. Requisito G - Possuir abertura simples, de forma a reduzir danos nas estruturas internas e não maltratar as abelhas

Na revisão de literatura observou-se elevado nível de improvisação da abertura das caixas racionais, resultando muitas vezes em dificuldades para no fechamento. Embora o sacrifício eventual de um indivíduo não vá afetar uma comunidade saudável de abelhas, sob o ponto

de vista do princípio da “Equidade da Vida”, não é aceitável. Adicionalmente, se pretendemos estreitar a relação entre os candidatos a guardião e as abelhas precisamos favorecer que esta relação seja a menos traumática possível.

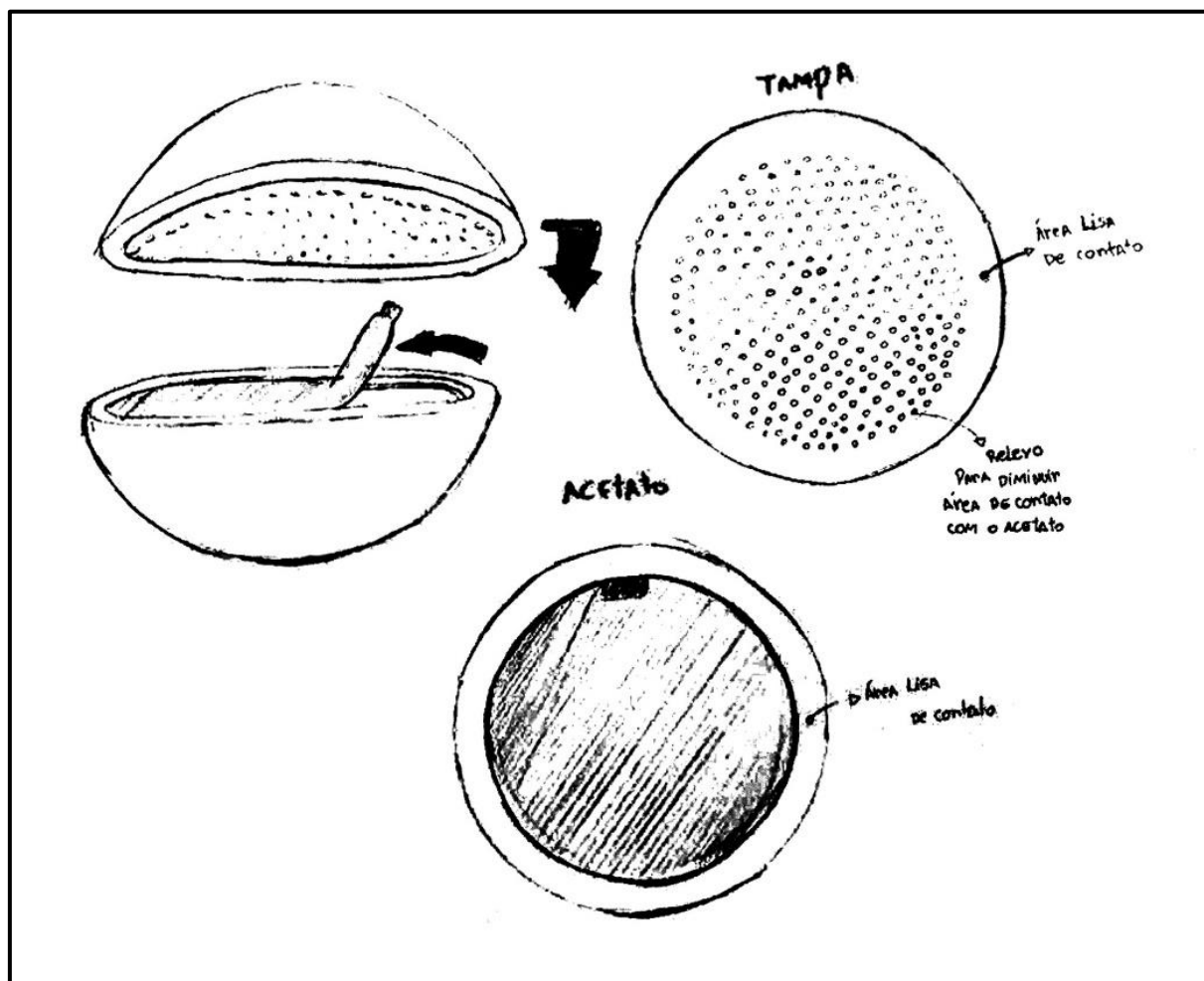


FIGURA 4.3. Sugestão de uso de uma camada de acetato entre os módulos preparando o espaço para o fechamento, evitando esmagamento de abelhas

4.1.2.2.3. Requisito H - Propiciar proteção contra ventos e chuvas, sobretudo as dirigidas, impedindo acúmulo de água e inundação

Chuvas, sobretudo quando associadas ao efeito do vento, exigem um redirecionamento do fluxo de água. As alternativas geradas no workshop incluíram soluções que emulavam um telhado ou um guarda-chuvas. A dificuldade de se prever a intensidade da intempérie assim como a ampla variabilidade do ambiente onde as colmeias poderiam ser utilizadas demanda deste componente grande adaptabilidade.

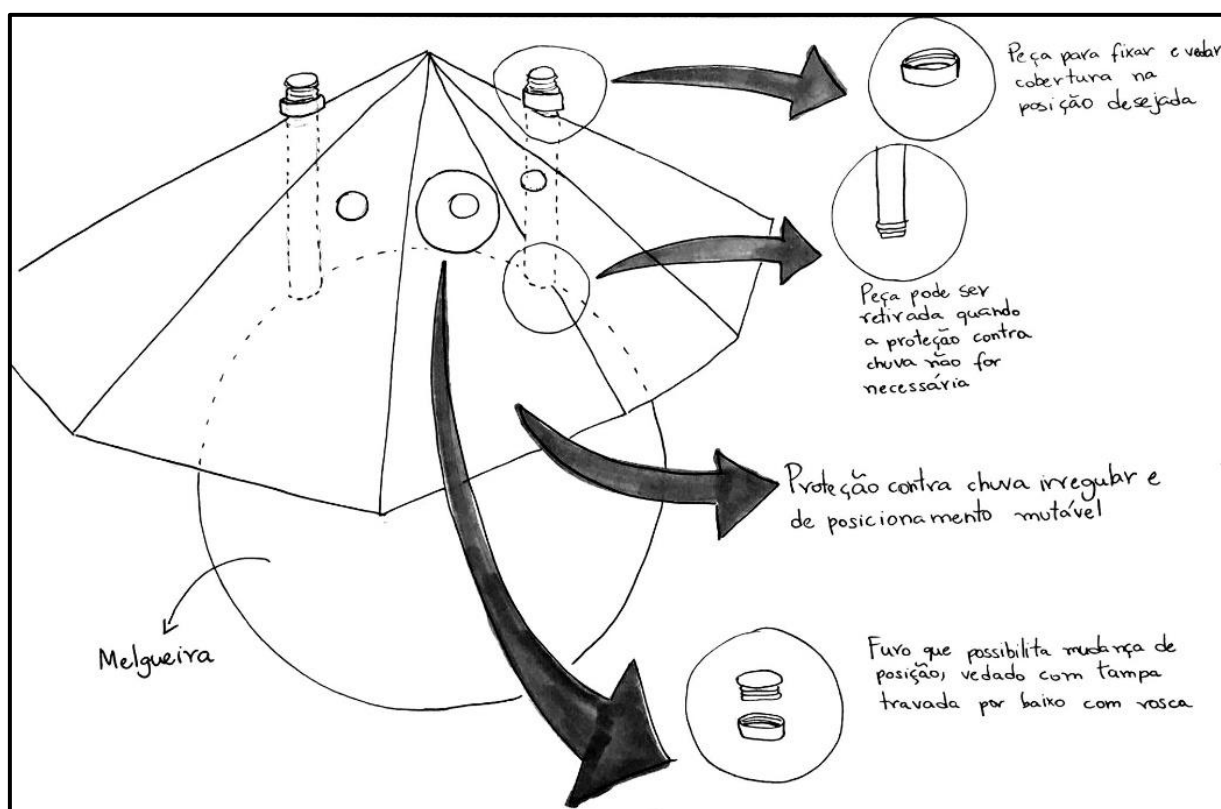


FIGURA 4.4. Sugestão de uso de um acessório semelhante a um guarda-chuva que poderia ser removido quando desnecessário

4.1.2.2.4. Requisitos J - Propiciar proteção contra invasores e/ou predadores (forídeos, aranhas, lagartixas, passarinhos, entre outros)

Predadores naturais são parte natural do ciclo de vida das abelhas. No entanto quando se fornece um ambiente artificial como moradia para as abelhas, suas táticas de defesa podem ficar limitadas às estruturas do artefato, o que pode favorecer ou atrapalhar seus trabalhos profiláticos. O design vernacular apresenta soluções de extrema criatividade, como apresentado abaixo, o uso de objetos ou pedaços de objetos em forma de corneta (produzidos a partir de garrafas PET) instalados na entrada das colmeias, protegendo contra aranhas, lagartixas e pássaros. A literatura inclui a ação repelente contra forídeos de óleos naturais como o da Copaíba e Andiroba (FREIRE, BRITO-FILHA e CARVALHO-ZILSE, 2006).

Assim, no debate entre os participantes do *workshop* de geração de alternativas foi considerado favorecer a aplicação de soluções vernaculares se e quando necessária pelos próprios guardiões como forma de aumentar a sensação de responsabilidade com a colmeia.



FIGURA 4.5. Dispositivos de design vernacular para a proteção contra predadores como insetos, lagartixas e pássaros

4.1.2.2.5. Requisitos S - Integrar armadilha para forídeos, para uso com solução avinagrada, entre tampa superior do produto e a melgueira

Forídeos⁵ são uma ameaça à sobrevivência da colmeia de abelha nativa e, também, uma fonte de preocupação às pessoas que realizam seu manejo. A solução mais habitual é a armadilha contra forídeos. Trata-se de um recipiente contendo vinagre de maçã e pólen, com furação pequena através da qual a abelha Jataí não possa passar, porém de tamanho justo para a mosca Diptera. Conforme é possível visualizar na porção superior esquerda da FIGURA 4.6. , a alternativa desenvolvida previu sua implantação em suporte lateral integrado à parede da colmeia.

⁵ Segundo Lima (2019, p. 37), “forídeos (Diptera: *Phoridae*) são moscas pequenas que parasitam vários grupos de invertebrados, possuem ciclo de vida rápido e colônias com grande número de indivíduos [...] atacam as colônias de abelha sem ferrão principalmente quando estas estão fracas e desorganizadas”.

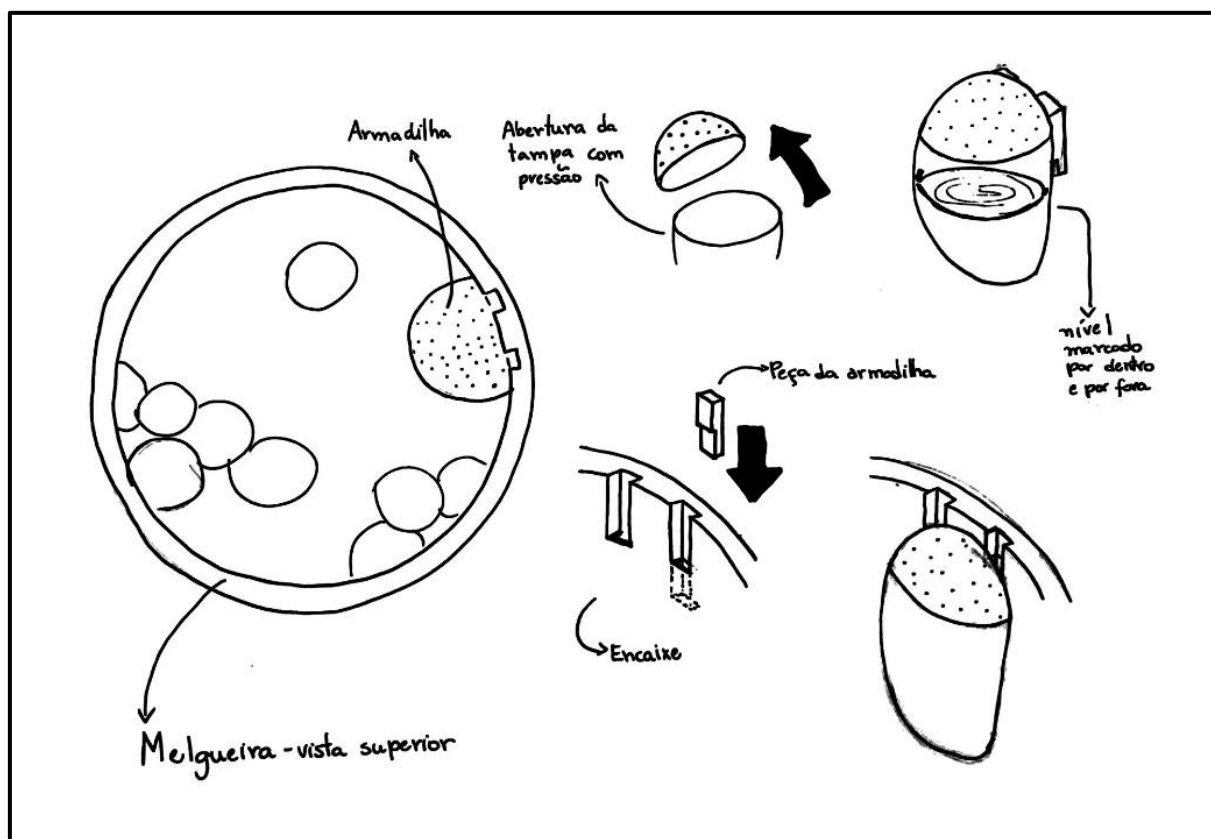


FIGURA 4.6. Proposta de armadilha contra forídeos, inseto predador que acometem as colmeias

4.1.2.2.6. Requisito V - Permitir a aplicação de feromônios atrativos para abelhas agregar a função de armadilha ao produto

Dentre as possíveis formas para obtenção de uma colmeia, a isca para captura é frequentemente a mais utilizada. A solução vernacular para esta armadilha utiliza uma garrafa de plástico impregnada internamente com feromônio atrativo para abelhas. Externamente é revestida de papel e lona preta. A isca é fixada em bosques e áreas verdes durante o início dos períodos quentes dos anos. O sucesso desta técnica depende da qualidade do processo de transferência da colmeia capturada para sua caixa definitiva. O procedimento é bastante delicado e pode causar a perda da colmeia por mal manuseio, invasão de forídeos, entre outros fatores. Assim, por sugestão dos especialistas foi considerado a possibilidade de integração da função “isca” no conceito do produto, eliminando a necessidade de transferência. O desenho abaixo mostra uma das alternativas desenvolvidas, na qual o atrativo é integrado à rede da colmeia, através de reentrâncias que permitem maior capilaridade e aderência do material.

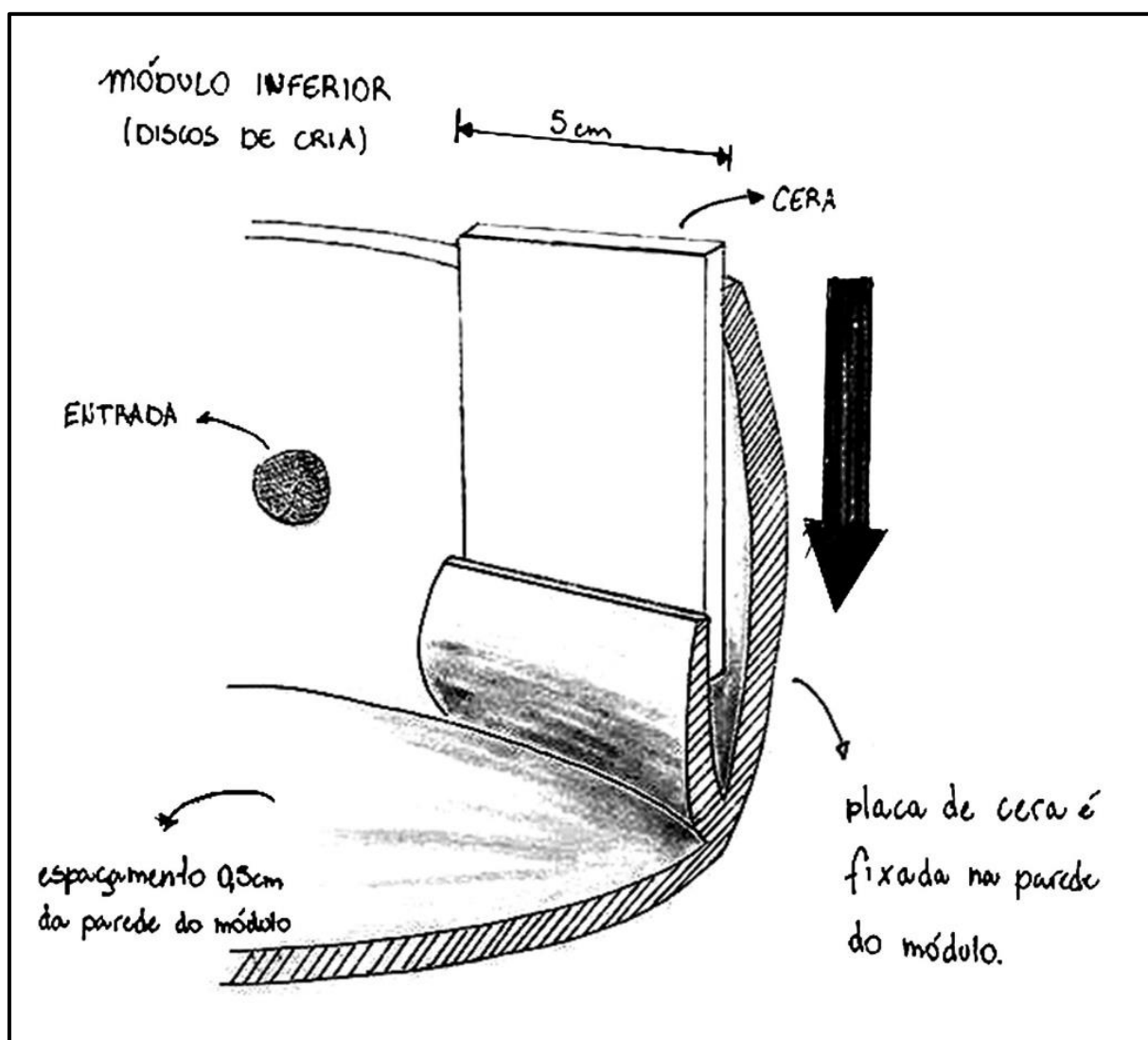


FIGURA 4.7. Proposta para integração da função isca ao produto final

4.1.2.3. Observação - Ciclo 02

A geração de alternativas durante o workshop do Ciclo 02 ocorreu em algumas etapas. A etapa 635 foi adequada para apresentação de soluções individuais aos requisitos apresentados.

Reforça-se que as alternativas foram propostas de discentes do curso de Design de Produto e, para os propósitos desta dissertação contribuíram para validar e refinar os meta-requisitos. Embora aos participantes tenha sido apresentado volume de informações suficientes, algumas alternativas geradas denotaram deficiências na compreensão da efetiva necessidade e dinâmica das abelhas. O conhecimento associado ao tema é complexo e considera-se natural este resultado. Por exemplo, uma das alternativas propostas previa a

disponibilização da cera diretamente às abelhas com acesso ao interior dos módulos. Contudo, tal alternativa favoreceria a prática de saque do material por abelhas não pertencentes àquela colmeia.

4.1.2.4. Reflexão - Ciclo 02

As alternativas geradas no Ciclo 02 comprovaram, de maneira geral, a adequação das definições de meta-requisitos caracterizadas no Ciclo 01. O processo de geração de alternativas mostrou, no entanto, que o mero enunciado dos meta-requisitos não é suficiente por si só para orientar o processo criativo. É necessária uma compreensão mais profunda sobre o conhecimento de base a partir do qual derivou-se estes requisitos.

Sob a perspectiva da busca por princípios gerais para o Design Pós-Antropocêntrico, a geração de alternativas a partir dos meta-requisitos possibilitou a identificação dos seguintes princípios:

O desenvolvimento de alternativas bioinclusivas demandam compreensão holística da vida. O Ciclo 02 mostrou que o desenvolvimento compartimentalizado de alternativas, enfatizando elementos isolados da colmeia, quando integrados em um único artefato não necessariamente resultavam em soluções adequadas às abelhas. Alternativas que possibilitem a utilização da colmeia como isca para captura de enxames de abelhas nativas, podem resultar em atração contínua de forídeos. Uma vez ocupada a colmeia, os odores que atraem estes insetos necessitam ser anulados de maneira a evitar sua atração, particularmente nas fases iniciais de ocupação da colmeia.

Proteção ambiental deve ser instrumentalizada através da inclusão do ser humano e não de sua exclusão. A literatura revisada aponta percepções de que a preservação da natureza necessariamente implica em afastamento do ser humano, partindo do pressuposto que sua presença necessariamente impacta negativamente na sobrevivência e equilíbrio de outras espécies, como a descrição para preservacionistas⁶ feita por Mathews (2011). Contudo, as

⁶ Mathews (2011), relata o dualismo antagônico de preservacionistas biocêntricos e conservacionistas antropocêntricos no campo do ambientalismo. Neste sentido, o primeiro grupo entende a natureza como algo

alternativas desenvolvidas trazem a reflexão sobre a relevância de se ampliar a empatia do ser humano para com outras espécies, permitindo que o mesmo tenha algum nível de interação com as mesmas. Possibilitar a alimentação das abelhas, por exemplo, pode ser uma atividade não apenas educativa, mas também necessária à sobrevivência de abelhas nativas no meio urbano, onde frequentemente há carência de pasto apícola em certas épocas do ano.

4.1.3. Ciclo 03: Seleção das alternativas e desenvolvimento do conceito

4.1.3.1. Planejamento - Ciclo 03

Para a seleção de alternativas foi planejado um *benchmark* das alternativas geradas, seguido da realização de um *workshop* de *mockups* para a resolução do problema maior: a seleção da forma final do objeto.

4.1.3.2. Ação - Ciclo 03

Feito o *benchmark* agrupando as alternativas geradas de acordo com critérios e conceitos identificados entre elas, o *workshop* avançou, para elaboração de *mockups* que incorporavam soluções sugeridas. Da seleção da alternativa participaram todos os membros atuantes no projeto. O processo iniciou com uma pré-seleção com votação direta, assim se extraiu as seis opções mais votadas: 1) lúdica (*Bee*), 2) caixa forma de colmeia, 3) modular, 4) vaso integrado (Meu vaso), 5) caixa “aquário” de abelhas, 6) futurista (*Gravity*).

que deve permanecer isolado do ser humano, intocável, enquanto o segundo grupo entende que a natureza deve ser conservada para permanecer gerando as riquezas naturais que a humanidade almeja.

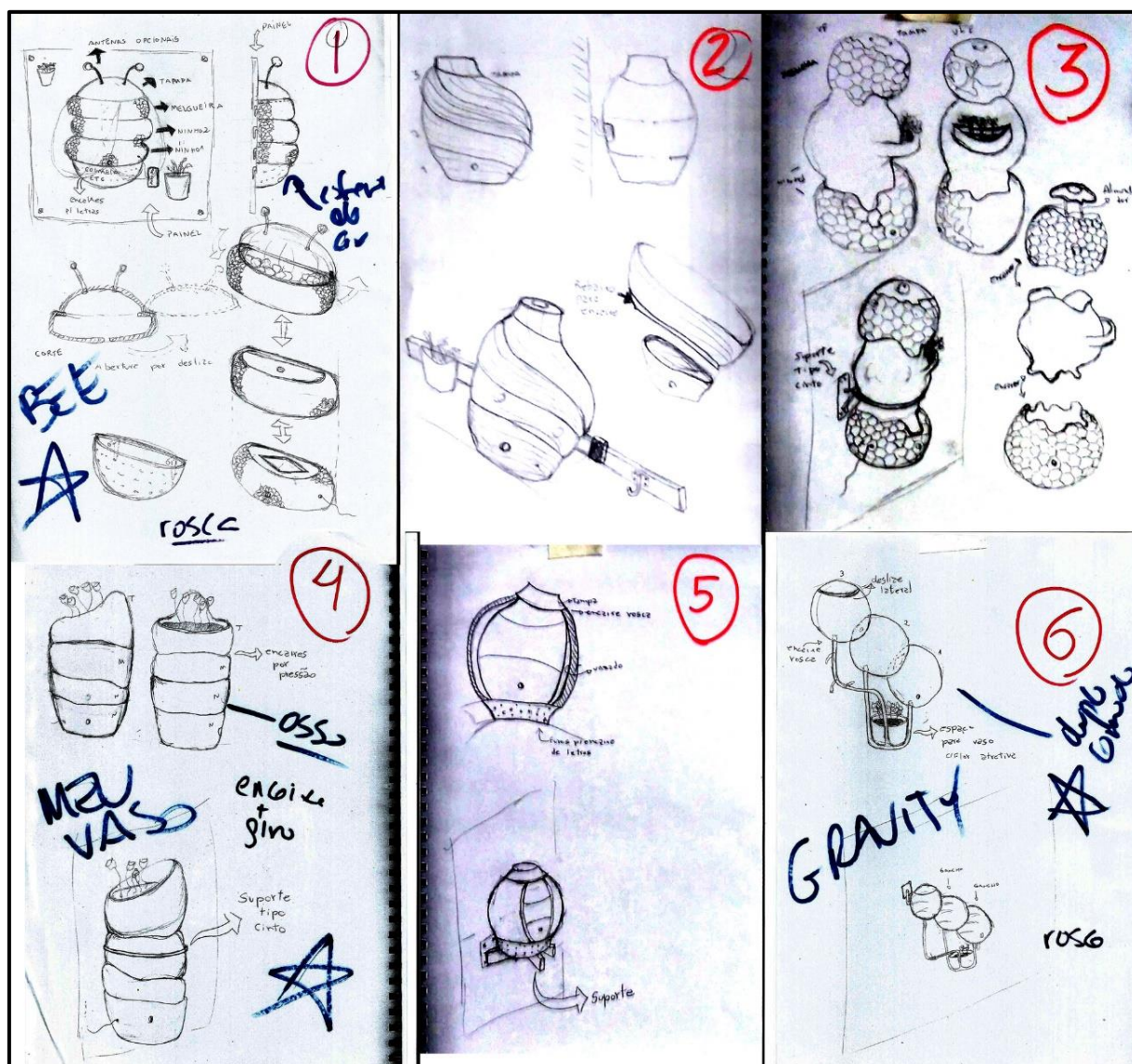


FIGURA 4.8. Seis alternativas mais votadas, a pré-seleção

Após a aplicação da matriz de seleção (QUADRO 4.4.), na qual o atendimento dos requisitos é avaliado e pontuado um a um, ficou evidente, e o grupo reconheceu o resultado de paridade qualitativa entre as alternativas 1) com enfoque mais lúdico, 4) com enfoque em versatilidade e 6) com um enfoque futurista.

META-REQUISITOS		ALT.1	ALT.2	ALT.3	ALT.4	ALT.5	ALT.6
A	Possuir dois módulos para discos de cria, o ninho e sobreninho, e um módulo de melgueira, possibilitando <u>expansão gradativa da colmeia</u>	10	2	10	8	2	10
B	Possuir afastadores de discos de cria na base interna da colmeia, tanto para propiciar uma área de deposição de resíduos pelas abelhas, como para reduzir as perdas de calor por condução	2	2	2	2	2	2
C	Possuir bom desempenho térmico, garantindo uma flutuação térmica entre 30 e 36°C em seu interior	0	0	4	4	6	4
D	Possuir trava e vedação entre os módulos, evitando-se a desmontagem acidental dos módulos e componentes no manuseio	8	8	8	9	8	9
E	Possibilitar alimentação artificial, dado que em regiões com invernos rigorosos é usual e relevante <u>prover alimento suplementar em contenedor dentro da melgueira</u>	2	2	2	2	0	2
F	Adequar as dimensões para a abelha Jataí, isto é, módulos com tamanhos de 12 a 15 de diâmetro e 7 cm de altura	10	10	10	10	10	10
G	Possuir abertura simples, de forma a reduzir danos nas estruturas internas e não maltratar as abelhas	10	8	4	6	2	8
H	Propiciar proteção contra ventos e chuvas, sobretudo as dirigidas, impedindo acúmulo de água e inundação	0	0	0	6	0	0
I	Adequar o diâmetro do pito de entrada para a abelha Jataí, isto é, entre 3 e 5mm, e estreitamento até 3mm favorecendo a defesa contra invasores	10	10	10	10	10	10
J	Propiciar proteção contra invasores e/ou predadores (forídeos, aranhas, lagartixas, passarinhos, entre outros)	2	2	2	2	4	4
K	Usar cores para diferenciação do produto pelas abelhas, evitando ingresso equivocado em colmeias próximas	8	6	8	6	8	10
L	Favorecer a compreensão de orientação cardinal na instalação do produto, posto que uma maior incidência da radiação solar e luz ao longo do dia é favorável colmeia	2	2	0	2	5	2
M	Buscar formas orgânicas para o produto, conforme aquelas escolhidas pelas abelhas no ambiente natural para nidificar, emulando elementos da natureza	10	10	10	10	10	10
N	Possuir paredes internas porosas que favoreçam a fixação dos elementos internos da colmeia produzidos pelas abelhas, o que é imprescindível à sua circulação interna	10	10	10	10	10	10
O	Estruturar o produto antevendo o uso de datalogger para monitoramento de umidade, temperatura, sons e outros indicadores relevantes da higidez da colmeia de forma remota	9	9	9	10	5	10
P	Elaborar sistema que propicie a fixação segura do produto, tanto em paredes como em árvores	10	10	10	10	10	10
Q	Possuir passagem com diâmetro mínimo de 7cm entre ninho e sobreninho, e de 3cm entre sobreninho e melgueira, com oclusão e liberação dos módulos conforme necessidade	10	8	10	10	8	10
R	Possibilitar a impressão 3D de matrizes de potes de mel, o que reduz o dispêndio de energia e materiais na construção das melgueiras em locais com maior fragilidade do ecossistema	2	2	2	2	2	2
S	Integrar armadilha para forídeos, para uso com solução avinagrada, entre tampa superior do produto e a melgueira	2	2	2	2	2	2
T	Favorecer a visualização do interior da colônia nas inspeções de manutenção, diagnóstico e em atividades de educação ambiental	0	0	0	0	8	0
U	Apresentar cores claras, como sugerido pelos especialistas, distinta da condição in natura, onde as colônias nidificam em locais de cores opacas e escuras, como troncos e fendas rochosas	6	6	6	6	6	6
V	Permitir a aplicação de feromônios atrativos para abelhas agregar a função de armadilha ao produto.	2	2	2	2	2	2
TOTAL PONTUADO POR CADA ALTERNATIVA:		125	111	121	129	120	133

QUADRO 4.4. Matriz de seleção de alternativas, com as pontuações por requisito

A esta altura a reunião já havia ultrapassado o tempo limite, e o grupo concordou em dar continuidade numa próxima reunião, a equipe de pesquisa se comprometeu a apresentar um painel semântico para cada uma das alternativas pré-selecionadas, conforme apresentado na FIGURA 4.9. .

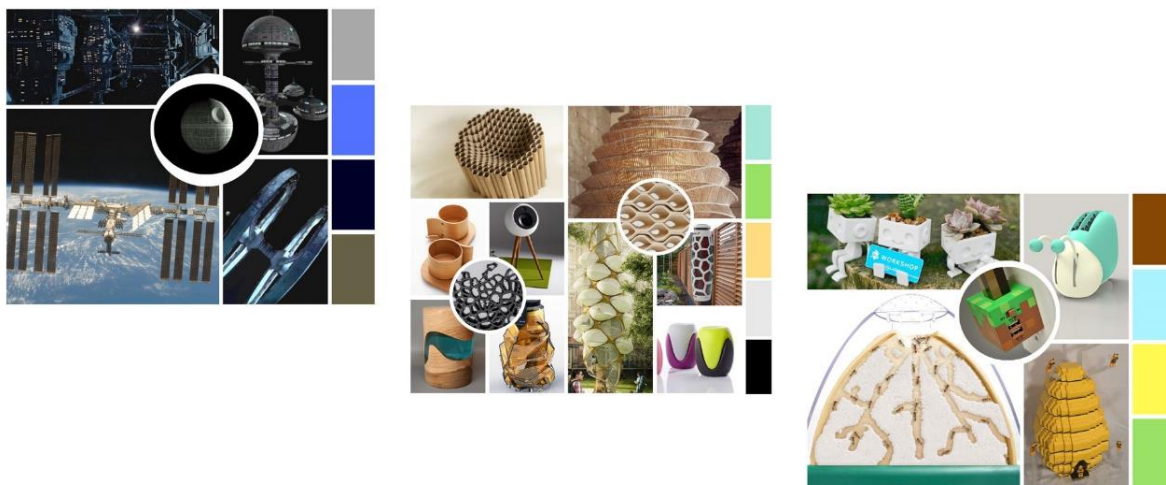


FIGURA 4.9. Painéis semânticos Gravity, Meu Vaso, e Bee, da esquerda para a direita

A segunda reunião para seleção iniciou com o anúncio, pela Professora Stephania, de que a Escola Terra Firme, uma escola de ensino fundamental sediada em Curitiba/PR, onde sua filha Diana estudava, aceitou a proposta de que o protótipo de colmeia fosse instalado em seu pátio, um desfecho importante para o ciclo seguinte, mas que já provocou repercussão neste ciclo, conforme segue.

Em seguida foram apresentados os painéis semânticos, e suas características posta em discussão. Foram consideradas as características que cada uma delas invocavam, trazendo à tona o fato de que suas estéticas distintas poderiam atrair distintos públicos-alvo e que detalhes estéticos poderiam ser utilizados funcionalmente em cada uma delas, etc. Após intensa análise e debate em torno das alternativas pré-selecionadas, o grupo concordou que havia muitas características positivas e algumas negativas para cada uma das alternativas, e que a submissão destas a um grupo de adultos, qual estavam imersos no projeto desde o início poderia tornar a seleção enviesada.

Havia equilíbrio razoável de características positivas e negativas entre as alternativas, e o desafio do desenvolvimento subsequente seria algo equivalente para as três, além disso o anúncio de que a Escola Terra Firme adotaria a colmeia protótipo fez com que em comum acordo o grupo cedesse o voto de minerva à Diana, filha da professora Stephania, visto que a pequena representava ali as gerações futuras. O ato simbólico repercutiu profundamente no projeto e propiciou uma guinada em direção à educação ambiental. Diana escolheu a alternativa número 1.



FIGURA 4.10. Alternativa 1, selecionada final dentre as mais bem pontuadas na matriz de seleção

4.1.3.3. Observação - Ciclo 03

A interrupção causada pelo esgotamento do tempo se deveu principalmente ao debate prolongado para preenchimento da matriz de seleção, em parte pelo número de requisitos, em parte por suas complexidades e interrelações.

4.1.3.4. Reflexão - Ciclo 03

Pode-se dizer que sair da primeira reunião de seleção de alternativas com três opções, e após reaquecer toda a conversa acerca dos requisitos, favoreceu à melhoria das compreensões do grupo sobre as complexidades do que estava sendo projetado, de maneira que as ideias chegaram mais elaboradas para a segunda reunião.

A quebra da etapa em dois dias foi um fato casual, fora do programado, mas oportunizou que a decisão final tivesse influência de uma participante que também seria fortemente influenciada pelo resultado do projeto. Este fato está em concatenação com a ética bioinclusiva, que prevê que envolvidos que estão mais sujeitos ao resultado de um projeto devem ter espaço relevante nas tomadas de decisões. Atente-se ao fato que a ética bioinclusiva informa que **seres humanos estão em pé de igualdade com todos outros seres, inclusive humanos**. Nesta situação específica, a influência da Diana no projeto tornou-se relevante pelo encaminhamento do futuro protótipo à sua escola.

De certa forma o processo de design em si assume o seu próprio devir, no sentido de que um dia após o outro, os novos desfechos vão oportunizados mais e mais novos desfechos, e mesmo que inicialmente ninguém tenha programado que o protótipo seria instalado numa escola de ensino fundamental, este fato passou a figurar entre as possibilidades reais do processo de design aqui em questão.

4.1.4. Ciclo 04: Refinamento e desenvolvimento da alternativa

4.1.4.1. Planejamento - Ciclo 04

Nesta etapa foi preciso substituir a equipe de pesquisa, uma vez que a equipe antecessora necessitava se concentrar em seus respectivos trabalhos de conclusão de curso.

Concomitantemente, o coordenador do projeto apresentou a possibilidade de apresentar o resultado do projeto em no XI Seminário Paranaense de Meliponicultura que seria realizado dali a aproximadamente 50 dias na cidade de Irati/PR, o desafio foi aceito pela nova equipe de designers, composta por alunas de períodos mais iniciais do Curso de Graduação em Design de Produtos da UFPR.

A nova equipe de pesquisadores analisou as representações de soluções produzidas até o Ciclo 02. Desenvolveram variações do desenho geral da colmeia, focados na estética da alternativa conceitual selecionada. Já nesta etapa foi decidido não se concentrar no desenho de um lagartinho, posto que o mesmo consome insetos, mas sim considerar o universo dos insetos e pequenas criaturas como num todo, abordando seu lado lúdico nos desenhos.

4.1.4.2. Ação - Ciclo 04

Ao se deparar com o desafio a equipe percebeu que haveria uma dificuldade em se representar um inseto, que seria potencialmente um predador de abelhas, como a formato da própria colmeia. Tais questões certamente não seriam relevantes para as abelhas, mas poderiam afetar aspectos cognitivos e semióticos relacionadas ao uso didático da colmeia na Escola Terra Firme. Assim, a equipe de pesquisa avançou mais no sentido de desenhos que representavam uma abelha, seguindo padrões lúdicos já conhecidos nas representações destas (FIGURA 4.11.).

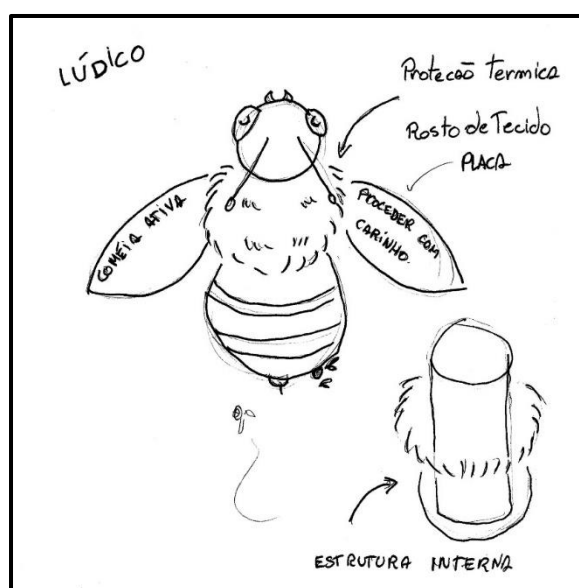


FIGURA 4.11. Alternativa 1 para a forma externa da colmeia

A FIGURA 4.12. mostra o resultado do processo de detalhamento da alternativa selecionada, que consiste em uma abelha rechonchuda sentada, com um pote de mel em uma das patas e utilizando um chapéu de folhas.

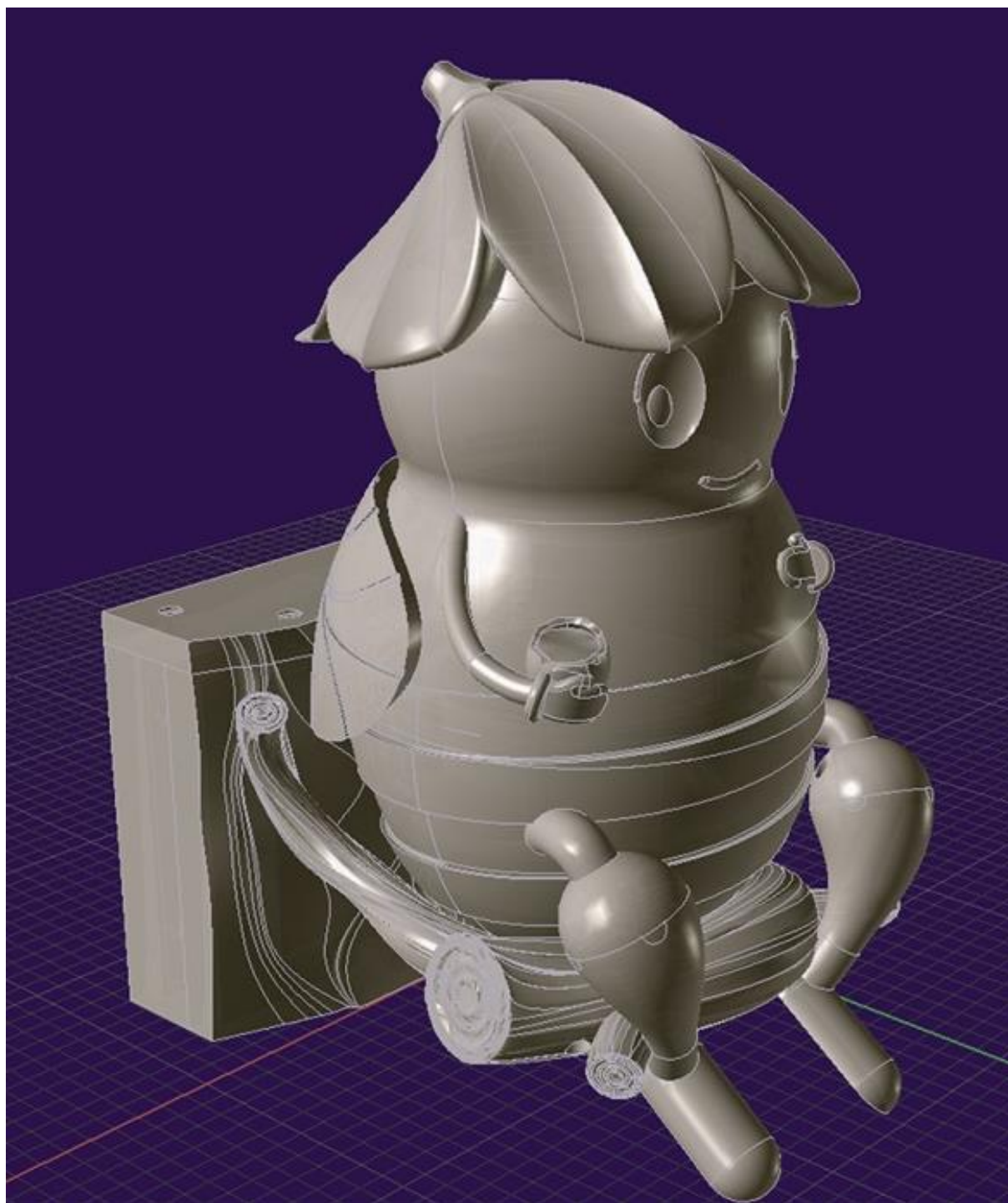


FIGURA 4.12. Primeiras imagens da modelagem 3D do produto

4.1.4.3. Observação - Ciclo 04

O projeto tencionava viabilizar a fabricação do artefato em FabLabs públicos, o que certamente demandaria um artefato passível de produção rápida. Uma produção demandando até um dia de impressão foi considerada como meta para viabilizar o alcance este cenário. À medida que o fracionamento das partes na modelagem 3D ficava pronto, a colmeia foi sendo impressa de baixo para cima, o que se mostrou bastante demorado, devido ao porte e complexidade do produto final.

Note-se que este conceito previa um ninho, sobreninho (barriga da abelha) e melgueira (cabeça da abelha). Mais à frente esta decisão mostrou-se equivocada, pois previa às abelhas espaço excessivamente grande para o início da ocupação da colmeia o que resultou ao final do projeto a necessidade de revisão dimensional do produto.

4.1.4.4. Reflexão - Ciclo 04

A constatação de dimensão excessiva da colmeia trouxe a reflexão quanto à possibilidade de produção de colmeia sem proporcionar extração de mel. Neste caso, a colmeia teria o objetivo estrito de promover a proteção ambiental, sendo a educação ambiental e os benefícios estéticos da presença da colmeia no ambiente escolar e domiciliar, os benefícios direcionados ao ser humano.

O aprendizado relativo às decisões referentes à linguagem externa da forma do produto, permitiu inferir o seguinte princípio:

A percepção estética entre seres humanos e outras formas de vida é passível de ser compatibilizada. Um artefato desenhado segundo uma lógica pós-antropocêntrica não significa ignorar as demandas do ser humano. Ao contrário, uma perspectiva bioinclusiva necessariamente deve integrar o ser humano como parte da comunidade de seres vivos. Para tanto, o artefato tem que ser aprazível tanto às demandas estéticas humanas (viscerais, comportamentais, reflexivas) como às demandas dos outros seres vivos. Embora a forma de abelha adotada no produto final provavelmente não seria percebida como tal pelas abelhas nativas, outros elementos como cor, textura e cheiro, são passíveis de serem integrados

nesta forma. Desta forma, ser humano e abelhas nativas teriam concomitantemente suas demandas atendidas.

Incorporar as adaptações observadas por outros seres vivos no convívio com o ser humano: as abelhas nativas no meio urbano têm relevado grande capacidade de adaptação em condições adversas. Não é incomum observar o estabelecimento de colmeias em tijolos de muros, em potes cerâmicos e até no interior de eletrodomésticos (MARTIN, 2015). Assim, esta capacidade pode ser relevante quando da concepção de novos produtos, que podem integrar a mesma na busca de soluções mais eficazes e viáveis.

4.1.5. Ciclo 05: Prototipagem

4.1.5.1. Planejamento - Ciclo 05

Este ciclo teve como desafio o plano de apresentar o resultado final no XI Seminário Paranaense de Meliponicultura. Foi estipulado a realização de uma impressão em escala reduzida 1:2, simulações de impressão em escala natural para avaliação dos tempos previstos para a impressão das partes, e as impressões propriamente. A preparação para disponibilização do arquivo *open-source* seria realizada subsequentemente.

Para fins desta dissertação a prototipagem buscou atender o objetivo específico que trata da avaliação da eficiência e efetividade da fabricação digital na produção de colmeias para abelhas nativas.

4.1.5.2. Ação - Ciclo 05

A impressão em escala reduzida (FIGURA 4.13.) surpreendeu ao apresentar um tempo de execução demasiadamente longo, mesmo para uma escala reduzida, o que obrigou a equipe a investigar configurações para a impressora 3D de forma a dinamizar o processo. Rever estas configurações envolveu a especificação do tipo de trama do preenchimento, gradil da trama de preenchimento, espessura das paredes imediatamente externas, e altura entre camadas (passo da impressora no eixo Z). Estas configurações foram feitas de forma a otimizar o tempo e atender ao prazo. Com o fracionamento das partes foi possível estipular

configurações diferentes entre as partes que entram em contato direto com as abelhas e as partes externas, garantindo uma resolução ajustada à função.



FIGURA 4.13. Primeiras imagens da impressão 3D do produto na escala 1:2

Mesmo com as configurações otimizadas, o tempo de impressão em escala natural se apresentou bastante longo: em média 16h para cada peça, totalizando para as 15 peças algo em torno de 250h de impressão. Isso ocorreu também devido à complexidade das formas. Por fim, problemas com a impressora 3D impediram a impressão da última peça, correspondente à melgueira (a cabeça da abelha). Isto, no entanto, não impediu a apresentação do resultado no XI Seminário Paranaense de Meliponicultura em Irati/PR. Como o desenho da peça estava pronto, sua ausência física não atrapalhou a apresentação, que foi feita com apoio de um banner com infográficos do projeto e seu desenho completo, panfletos, além das peças já impressas.

4.1.5.3. Observação - Ciclo 05

Importante notar que o prazo exíguo para a produção do primeiro protótipo fez com que o ciclo de prototipagem se inicia-se concomitantemente ao ciclo de refinamento. Problemas como a limitação espacial da área imprimível da impressora 3D vieram à tona, guiando toda

modelagem para um fracionamento, no qual as partes assumiram dimensões praticáveis no equipamento de impressão 3D disponível.

Na etapa de refinamento todos os requisitos levantados nas etapas anteriores formam um filtro para as decisões que serão tomadas durante a modelagem 3D, e muitas vezes requisitos distintos levam a impasses no desenho das formas. Nesta etapa o fato de o designer-modelista 3D ter participado das etapas anteriores viabilizou que tais filtros estivessem plenamente ativados, de forma a se ponderar de forma adequada decisões que foram realizadas enquanto se desenhava. Num projeto cujo foco é o bem-estar e vida das abelhas, em momentos como este, a competência para realizar estes *trade-offs* é absolutamente necessário.

O tempo de impressão 3D, com aproximadamente 250h se mostrou excessivamente longo, o que inviabilizaria sua replicação em FabLabs públicos. O desafio não foi só a relação hora/máquina que trouxe à tona um custo bastante alto, mas também pela quantidade de material: em torno de 3kg de filamento PLA. Somado a estes problemas está a necessidade de garantir o abastecimento de material durante todo o funcionamento da impressora, sob o risco de se perder as horas de trabalho e o material depositado até o seu esgotamento em caso de interrupções no fornecimento de material. O mesmo é válido para interrupções na comunicação entre a impressora e o computador ou no fornecimento de energia.

4.1.5.4. Reflexão - Ciclo 05

A inexperiência da equipe de design com a impressão 3D favoreceu que decisões ousadas fossem tomadas durante a etapa de refinamento. De certa forma, esta inexperiência viabilizou a produção do primeiro protótipo, uma vez que designers experientes poderiam ter vedado sua manufatura, considerando a quantidade de trabalho e atenção para que tudo ocorresse conforme planejado. Ao mesmo tempo a concomitância entre as etapas e equipes no refinamento e prototipagem se mostrou importante já que as decisões geravam consequências entre estas etapas, e os refluxos de trabalho precisavam ser geridos com um dinamismo sem o qual o prazo jamais seria cumprido.

Durante o XI Seminário Paranaense de Meliponicultura o protótipo foi muito bem recebido pelos participantes. Embora num primeiro momento tenha havido críticas e resistência por parte do público ao considerarem o projeto inadequado à propósitos mais convencionais da meliponicultura. Ainda assim, após a apresentação do projeto o nível de interesse aumentou significativamente, e participantes que tinham relações com projetos voltados à educação ambiental e conscientização da importância das melíponas demonstraram grande interesse.

Por fim, ficou claro que o modelo digital do protótipo necessitaria profundas melhorias antes de sua disponibilização *open-source* para execução livre. O produto final deveria propiciar a redução drástica do tempo de impressão, além de permitir a evolução gradativa da colmeia, à medida que as abelhas se estabelecem na mesma.

Desta última reflexão depreende-se o seguinte princípio para um Design Pós-antropocêntrico:

Considerar todo o ciclo da vida no Design de um artefato. Contemplar tanto as demandas de nascimento (ocupação da colmeia por um enxame de abelhas), como o crescimento (ampliação da população de abelhas e de suas reservas de alimentos), reprodução (enxameação da colmeia nos meses quentes do ano) e, eventualmente, a morte (migração da colmeia para outra caixa ou, até mesmo, a efetiva morte devido a ataques de inimigos naturais).

4.1.6. Ciclo 06: Co-criação com crianças

4.1.6.1. Planejamento - Ciclo 06

A Escola Terra Firme se tornou parceira do Projeto Colmeias Urbanas pouco antes do término da seleção de alternativas (conforme mencionado no ciclo 03, pág. 81). Esta aproximação ocorreu em momento oportuno para condução do projeto nas etapas seguintes, uma vez que acabou influenciando a escolha da alternativa final e conduzindo a um refinamento adequado ao propósito de utilizá-la como vetor de educação ambiental.

Uma vez que esta parceria foi firmada pela professora Stephania, ela assumiu a tarefa de planejar e realizar uma série de atividades que antecederiam a instalação da colmeia no

pátio da escola. O problema na impressora 3D que impediu a impressão da melgueira na ocasião do XI Seminário ainda permanecia, ainda assim no planejamento seria realizada uma visita à escola para que seus alunos se familiarizassem com o novo objeto que estaria na área livre interna de sua escola. A professora Stephania aproveitou a ausência da cabeça da abelha (melgueira) como oportunidade para realizar, entre outras, uma atividade junto aos alunos, na qual eles seriam responsáveis por elaborar desenhos para a cara da colmeia, o que desviou a atenção das crianças da ausência de cabeça no protótipo.

4.1.6.2. Ação - Ciclo 06

A visita à Escola Terra Firme foi iniciada com uma contação de história na qual a professora Stephania utilizou ilustrações (do então orientando de doutorado Douglas Luiz Menegazzi) para contar aos alunos da Escola Terra Firme como o Projeto Colmeias Urbanas aconteceu até aquele momento (FIGURA 4.14.). Na sequência, o autor desta dissertação, apresentou as partes já impressas do protótipo, explicando alguns detalhes das características internas do protótipo aos pequenos alunos, observando uma linguagem que lhes fosse acessível, e sanando as dúvidas que surgiam.



FIGURA 4.14. Contação da história do projeto, apoiada em ilustrações, realizada pela Profa. Stephania



FIGURA 4.15. Félix Varejão faz a apresentação do protótipo funcional às crianças

Após a apresentação do protótipo, aos alunos foi solicitado que desenhasssem versões para o rosto da abelha, com expressões que gostariam para ela. Os desenhos foram agrupados por similares e selecionados os representantes mais significativos de cada grupo. Posto em votação entre os participantes, foram eleitos três desenhos de expressões que poderiam ser aplicados como rosto na abelha.

A atividade de interação direta dos alunos da Escola Terra Firme no projeto instou o designer-modelista a redesenhar o módulo melgueira de maneira que o rosto com as expressões geradas pelos alunos pudesse ser aplicado de forma intercambiável. Desenhou-se, portanto uma única peça que suportava a aplicação de outra na qual estaria impresso o rosto conforme os desenhos gerados pelos alunos (FIGURA 4.16.).

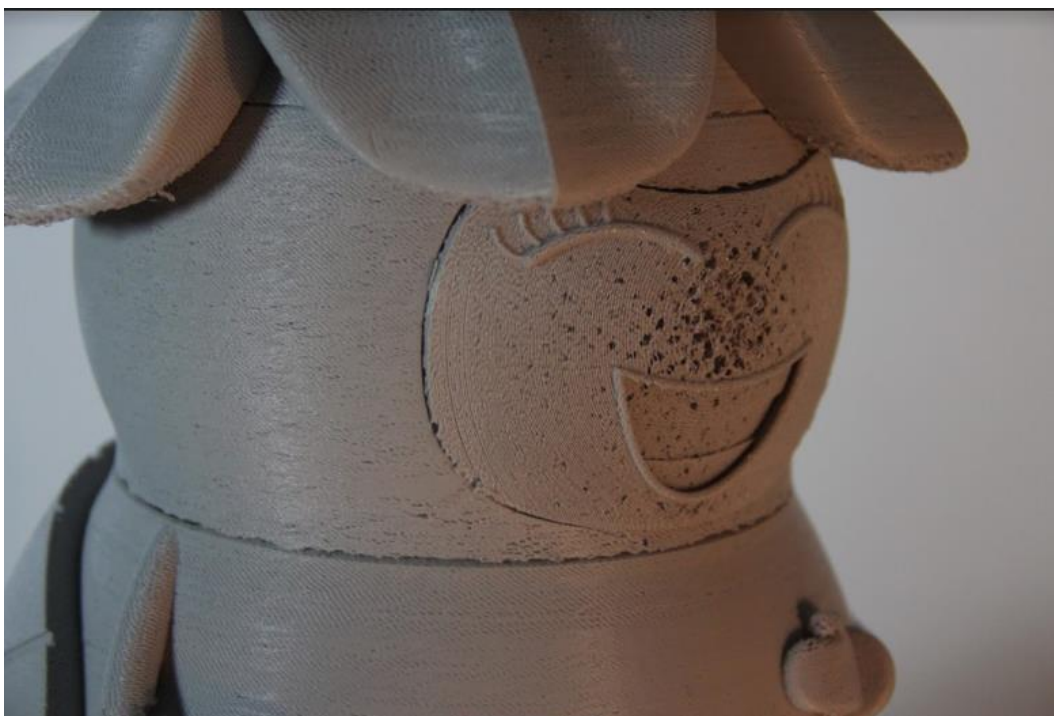


FIGURA 4.16. Abelhinha com seu rosto desenhado pelas crianças

4.1.6.3. Observação - Ciclo 06

A observação do processo de aprendizado das crianças acerca das abelhas nativas, bem como o processo de cocriarão realizado para criar o rosto da abelha, revelou que a capacidade das crianças em lidar de forma natural com um tema aparentemente complexo e exótico ao seu cotidiano usual. Na verdade, foi justamente este “exotismo” que mostrou o interesse das crianças no tema. No espaço da própria escola uma das professoras apontou ao grupo a existência de uma colmeia no tronco de uma das árvores do pátio da escola.

De forma geral as atividades propostas pela professora Stephania na Escola Terra Firme foram importantes para a compreensão pelas crianças da importância das abelhas sem ferrão, favorecendo inclusive que elas passassem a identificar algumas espécies já presentes no pátio da escola, bem como à importância da colmeia que em breve estaria ali instalada. Mas de maneira especial, a participação das crianças com a atividade de geração de opções para a expressão da abelha favoreceu o surgimento de uma maior empatia entre elas e a colmeia.

4.1.6.4. Reflexão - Ciclo 06

O distanciamento da natureza entre crianças crescendo no meio urbano tem sido cada vez mais ampliado, à medida que se implantam ambientes artificiais em edifícios, shoppings e áreas de lazer. A redução da empatia e compreensão quanto às necessidades de outras formas de vida tendem a se ampliar em tal contexto. Reconectar as crianças com a natureza através das abelhas mostra-se como uma estratégia com grande potencial, ainda mais com abelhas sem ferrão. Ainda assim, preconceitos necessitam ainda ser vencidos, particularmente devido à noção amplamente difundida de que abelhas tem ferrão e que, portanto, devem ser mantidas a distância.

Desta reflexão depreende-se a proposição de outro princípio para um Design Pós-antropocêntrico:

Reconectar o ser humano com a natureza é um processo de aprendizado contínuo e que precisa ser instrumentalizado. Na sociedade contemporânea não é incomum se observar o afastamento do ser humano da natureza, muitas vezes em decorrência de medos e paradigmas gerados por desconhecimento. Desta forma, a sobrevivência e ampliação de todo projeto não-antropocêntrico, paradoxalmente demanda a integração de elementos de educação voltados ao ser humano.

A apropriação dos processos de design pelos indivíduos que potencialmente seus resultados influenciarão suas vidas cria uma relação de significado mais profunda. É importante ressaltar a inclusão e apropriação na criação de significados mais profundos aos destinatários de projetos de design, uma característica forte do método de Design Participativo e que é também compartilhada pelo *Action Design Research*. Podemos entender que no *ADR* uma situação que poderia ser lida como um problema: ‘falta a cabeça da abelha’, pode ser lida como: ‘o projeto não está pronto, falta a parte de vocês’, uma oportunidade e abertura a maior interação de destinatários, mesmo que intermediários, de um projeto com seu resultado final, neste caso das crianças com um objeto vivo que elas acolherão no pátio de sua escola. Ainda, se considerarmos o foco pós-antropocêntrico, esta situação viabiliza que a colmeia sofra menos depredação, uma vez que conscientes da

importância deste objeto, as crianças cuidariam para que acidentes, como por exemplo uma bolada, não acontecessem.

4.1.7. Ciclo 07: Validação em campo

4.1.7.1. Planejamento - Ciclo 07

Este ciclo tratou da implantação da colmeia na Escola Terra Firme. A etapa envolveu incrementar visualmente o aspecto da colmeia, buscando integrar cores em sua superfície. Envolveu, também, a transferência de discos de cria e abelhas campeiras para se estabelecer a colmeia, além da seleção e preparação de um local para instalação da colmeia na escola e, finalmente sua instalação.

4.1.7.2. Ação - Ciclo 07

A coloração cinzenta da colmeia recém impressa seria um fator de distanciamento dos alunos da Escola Terra Firme. Note-se que a cor, oriunda do filamento de PLA utilizado na impressão do objeto, não foi escolhida deliberadamente, e sim ficou sujeita ao material já disponível para a impressão da colmeia. A professora então indagou ao grupo se o protótipo receberia alguma pintura, e muitas dúvidas surgiram, devido ao efeito tóxico que algumas tintas produzem, o que seria um proibitivo, além da capacidade de fixação de tintas ao PLA recém impresso.

A professora Stephania trouxe então a ideia de se utilizar giz de cera colorido. O fato de ser uma cera também levantou dúvidas, uma vez que as abelhas poderiam remover este material para uso próprio dentro da colmeia. Foi considerado que gizes de cera para uso de crianças são, via de regra, atóxicos, o que poderia ser um sinal verde para sua aplicação na camada externa do protótipo. Diana, a filha da professora Stephania e aluna da Escola Terra Firme, ficou responsável por colorir a colmeia, que agora precisava de um nome (FIGURA 4.17.).



FIGURA 4.17. O protótipo da colmeia recém colorida pela pequena Diana

A colmeia colorida ganhou vida, ainda que não houvesse abelhinhas habitando seu interior. A sugestão de nome veio do designer-modelista e autor desta dissertação, inspirado em sua

avó paterna: Amelinha, um nome que além de homenagear a centenária Dona Amélia, remetia às criaturas que ali viveriam e seu doce alimento.

Encontrar moradoras para a Amelinha foi um importante e difícil etapa, considerado que o outono estava chegando e transferências de colmeias devem ser feitas durante épocas quentes para garantir que as abelhas transferidas possam se fixar, coletar e acumular alimento para os períodos mais frios. Dado o contexto, e a fim de não perder prazos, a professora Stephania assumiu a tarefa de alimentar periodicamente as abelhas moradoras da Amelinha com alimento artificial na Escola Terra Firme, já que muito provavelmente a colônia não estaria forte o suficiente para enfrentar o inverno. Esta foi a condicionante para a realização da transferência de abelhas jataís pelo Sr. Isaías, um meliponicultor da Região Metropolitana de Curitiba.

Antes do processo de transferência, o projeto foi vistoriado pela Dra. Kátia Ostrovksi, que identificou uma incoerência no tamanho da passagem entre os módulos de ninho e sobreninho. A passagem estava estreita e precisou ser alargada antes de qualquer outro procedimento.

No procedimento de transferência foram colocados alguns discos de cria com pelo menos uma célula realeira dentro da nova colmeia, e esta nova colmeia é posicionada no lugar de uma outra colmeia que esteja forte e com bastante campeiras já no campo forrageando (FIGURA 4.18.). Esta troca de lugares faz com que as campeiras retornem e encontrem um novo lar para habitar, sem a rainha, as campeiras iniciam a organização da colônia até que célula realeira ecloda, de onde nascerá uma princesa. A princesa faz o voo nupcial e retorna como rainha, e assim a colmeia está plenamente ativa.



FIGURA 4.18. A colmeia Amelinha ocupando o lugar de outra colmeia para coletar suas campeiras

Duas semanas após a transferência de discos de cria no meliponário do Sr. Isaías, a Amelinha foi buscada e levada para a Escola Terra Firme. Para tanto foi combinado a data do traslado com o meliponicultor, que isolou as entradas na noite anterior para que as campeiras não saíssem na manhã seguinte. O traslado deve ser feito imediatamente pois os dias parados das abelhas lhes custam reservas de energia, e com cuidado, pois uma colmeia habitada não deve sofrer solavancos nem ser inclinada demasiadamente, sob risco de se afogar as crias dentro de seus ovos.



FIGURA 4.19. Amelinha assentada seu suporte na Escola Terra Firme

4.1.7.3. Observação - Ciclo 07

Um dos indicadores de sucesso na implantação de novas colmeias é a formação do pito de entrada. O projeto foi desenhado com duas opções de pito de entrada, de maneira que as abelhas pudessem decidir qual a melhor opção. Durante as visitas em campo observou-se

que com o passar do tempo, as abelhas decidiram por utilizar o pito próximo à parede, ocluindo o canal visível na FIGURA 4.19. , ficando somente com o pito visível na FIGURA 4.20.



FIGURA 4.20. Pito de entrada da Amelinha com pleno fluxo de Jataís

Com a chegada de tempos mais frios a preocupação com a capacidade do protótipo oferecer o conforto térmico adequado para suas moradoras tornou-se uma questão.



FIGURA 4.21. Amelinha foi agasalhada pelas crianças para superar o frio do inverno

Embora no projeto constasse o isolamento térmico por meio de dupla parede e camada de ar aprisionado, o fato de agora envolver as abelhas que ali moravam, e as crianças que delas cuidavam, trouxe certa insegurança: não poderíamos sujeitar tais vidas a um experimento

arriscado como enfrentar o severo frio do inverno curitibano, e ainda, deixar as crianças assistir sua desgraça. A solução foi utilizar um agasalho infantil da Escola Terra Firme como base, o qual revestia uma camada de isolante, e assim a Amelinha passou o inverno agasalhada e suas moradoras ficaram protegidas.

Após sua instalação na Escola Terra Firme, a Amelinha se mostrou uma boa companheira para as professoras e seus alunos, as assessorando como um objeto pedagógico para diversas aulas, que agora tinham mais um motivo para ensinar fora das salas de aula. A aventura da Amelinha na Escola Terra Firme infelizmente se encerrou na virada de ano seguinte com o calor excessivo do verão, sem ter ocupado totalmente o sobreninho e nunca ter alcançado a melgueira.

Sobre a pintura com giz de cera, foi relatado pela Diana que alguns detalhes muito frágeis podem se tornar um problema para este tipo de interação com o objeto, especialmente a alça que se forma no braço da abelha que segura o pote de mel, o adequado portanto seria tornar este detalhe mais incorporado ao restante do corpo de forma a eliminar tal fragilidade.

Sobre as duas opções de entradas foram criadas para que o tutor da colmeia pudesse escolher qual das duas ele abriria para que a abelha utilizasse. No entanto foi percebido que este processo de abertura não se daria com a facilidade esperada, por limitações da impressão 3D que preenche os canais com uma estrutura mais frágil, mas ainda assim rígida e difícil de remover, o que não poderia ser feito após a colmeia já estar habitada. Assim foi escolhido abrir ambos os lados antes da transferência, na esperança de que as abelhas decidissem pela abertura e canal mais adequado, o que se confirmou na prática.

Sobre a alimentação artificial, a professora Stephania relatou algumas dificuldades e situações não consideradas para o protótipo, neste sentido seria adequado considerar uma forma de abastecer o alimentador sem necessariamente abrir toda a colmeia. De fato, o projeto de alimentador artificial não funcionou porque estava vinculado ao uso do módulo superior, a melgueira, que não deveria ser disponibilizado até que as abelhas necessitassem deste espaço. A solução encontrada para contornar esta situação teve em si seus problemas, e o recipiente chegou a ser englobado e fixado pelas estruturas da colmeia, o que impedia

sua remoção para limpeza e fez com que a professora tivesse que depositar o alimento com uma seringa diretamente ao alimentador incorporado à colmeia.

Sobre a eficiência térmica do protótipo, não se pode afirmar que o agasalho elaborado pelas crianças para a Amelinha influenciou na performance térmica durante o inverno. Contudo, pode-se certamente afirmar que propiciou maior identificação entre a colmeia e os alunos, inclusive os conscientizando da importância de se proteger durante o inverno, e talvez até mesmo um olhar mais solidário das crianças para outras criaturas em dias frios.

Tragicamente há indícios de que justamente a questão térmica o motivo para o abandono das abelhas nesta colônia. Com a chegada do verão a incidência de raios solares diretamente sobre a Amelinha provocou deformações em alguns trechos da camada mais externas do protótipo. Embora o derretimento não tenha distorcido as partes internas, é possível supor que a temperatura interna tenha alcançado níveis insuportáveis para a colônia. Tudo isso ocorreu durante as férias, época que inviabilizou as visitas à Escola Terra Firme, a mudança de posição do Sol no verão não foi prevista, tendo incidido a radiação solar diretamente sobre a colmeia, o que acabou por encerrar as atividades da mesma.

4.1.7.4. Reflexão - Ciclo 07

Em locais de clima temperado como é Curitiba, é importante se avaliar a incidência de raios solares no local escolhido para instalação das colônias durante o ano todo. Talvez um pouco mais de incidência de Sol no inverno possa ser útil para garantir certa economia de energia pelas abelhas, no entanto uma incidência direta no verão pode ser fatal para a colônia, pois refrigerar a colônia pode ser igual ou mais trabalhoso do que aquecê-la.

É interessante constatar que na fase dos requisitos foi dado ênfase exagerada na orientação cardinal para a instalação da colmeia, como observado no requisito obrigatório L., mas este requisito se mostrou mal formulado, uma vez que a orientação cardinal interage com a geografia do local em que a colmeia está instalada, e seguir estritamente a orientação cardinal não garantirá proteção contra intempéries, incluindo aí chuvas, ventanias, sombra exagerada, e por fim o que causou o abandono da colmeia, a insolação direta, que inclusive é, de certa forma, incentivada no requisito mencionado.

A partir deste aprendizado extrai-se outra proposição de princípio ao Design Pós-antropocêntrico: **Integrar e valorizar a heterogeneidade e diversidade da natureza**. As variações climáticas, a diversidade de biomas, os níveis variados de disponibilidade de fontes de alimentação ao longo do ano e a própria diversidade genética dentro de uma mesma espécie, ao invés de serem evitadas devem ser integralmente consideradas no projeto. O desenvolvimento da resiliência na natureza tem no contato com esta heterogeneidade e diversidade um de seus vetores principais. Portanto, tentativas de padronizar e empobrecer esta diversidade, embora possam resultar em eficiência na replicação de práticas e produtos, podem ter efeitos deletérios na resiliência da natureza.

Por fim, o fato de a colônia jamais ter ocupado totalmente o espaço interno da colmeia nos faz considerar que as medidas estipuladas para os volumes internos de colmeias são adequadas para situações de exploração extrativista de seus subprodutos, e que podem ser reconsideradas quando o intuito for a simples tutela da colônia a título de preservação e contribuição ao meio ambiente.

4.1.8. Ciclo 08: Disseminação de resultados - evento "A Gosto das Abelhas"

4.1.8.1. Planejamento - Ciclo 08

A implantação da colmeia Amelinha na Escola Terra Firme trouxe à tona um rol de possibilidades que não estavam no horizonte inicial deste projeto. Não obstante, tais possibilidades deveriam ser aproveitadas uma vez que favorecem a conscientização de crianças a respeito da existência e importância das abelhas sem ferrão. Estas possibilidades ocorreram de forma natural dentro da Escola Terra Firme, mas seria importante também estendê-las para além dos limites desta escola, levando, por exemplo, para escolas públicas em bairros mais afastados.

O primeiro passo neste sentido foi a apresentação do projeto Colmeias Urbanas para membros da APA - Associação Paranaense de Apicultura, num evento para associados interessados no tema. Após a apresentação, foi firmada parceria com um especialista proeminente, o professor Hermes Palumbo, que trouxe consigo mais um fotógrafo e meliponicultor entusiasta, o senhor Elwino Naser. A aproximação de ambos ao projeto

Colmeias Urbanas viabilizou a realização do evento de extensão A Gosto das Abelhas, realizado na Sala Arte & Design, do Setor de Artes, Comunicação e Design da UFPR.

4.1.8.2. Ação - Ciclo 08

A abordagem de conscientização aproximou especialmente o professor Hermes Palumbo que logo em seguida indicou mais um interessado nesta abordagem de conscientização ambiental, o meliponicultor e fotógrafo Elwino Naser. Trocados os contatos, algumas reuniões foram realizadas e acertado a realização do evento “A Gosto das Abelhas”, com as tarefas de contatar possíveis palestrantes e fechar a grade de atividades (FIGURA 4.22.) dividida entre os organizadores.



FIGURA 4.22. Cartaz de divulgação do evento A Gosto das Abelhas

O evento contou com a exposição fotográfica do Elwino Naser, com registros de diversas espécies de abelhas sem ferrão em diversas situações, lançamento do e-Book infantil de acesso gratuito "Se eu Fosse uma Abelhinha", organizado pela professora Stephania (PADOVANI, 2019), palestras de temas afins e degustação de méis de diversas abelhas sem

ferrão. Um aspecto relevante deste evento foi o envolvimento de crianças, uma vez que se tornam agentes propagadores dos conhecimentos que absorvem e o impacto destas ações de conscientização poderão repercutir no tempo. Assim houve um esforço na viabilização da visitação por alunos de escolas públicas, para a qual foi elaborado uma jornada que propiciaria uma experiência imersiva das crianças no universo das abelhas, conforme descreve o script abaixo (QUADRO 4.5.).

Jornada da Criança:

- 1 - ENTRA E RECEBE O PASSAPORTE DA MELIPOLÂNDIA
- 2 - VÊ A EXPOSIÇÃO DE FOTO, FACILITADA PELO FOTÓGRAFO
- 3 - VÊ A CAIXA DIDÁTICA DO PROFESSOR PALUMBO
- 4 - INTERAGE COM O E-BOOK
- 5 - ASSISTE MINI-PALESTRA COM ESPECIALISTA
- 6 - PARTICIPA DE COFFE-BREAK - DEGUSTAÇÃO DE MÊIS
- 7 - RECEBE CERTIFICADO "AGENTE DE PROTEÇÃO DA ABELHA SEM FERRÃO"
- 8 - RECEBE CARIMBO "GUARDIÃO DAS ABELHAS SEM FERRÃO" EM SEU PASSAPORTE

QUADRO 4.5. *Jornada da criança no evento A Gosto das Abelhas*



FIGURA 4.23. *Carimbo e adesivo distribuídos às crianças visitantes no evento A Gosto das Abelhas*



FIGURA 4.24. “Passaporte da Melipolândia”, souvenir distribuído às crianças visitantes no evento A Gosto das Abelhas

O evento contou com a visita de alunos da Escola Municipal Jaguariaíva, voltada ao Ensino Fundamental (FIGURA 4.25.). A escola estava em processo de implantação de seu laboratório de impressão 3D e alguns alunos já estavam envolvidos na concepção e produção de um Domo a partir desta tecnologia.



FIGURA 4.25. Registro das crianças visitantes no evento A Gosto das Abelhas

A exposição “A Gosto das Abelhas” contou com 30 fotografias, e durou do dia 5 ao dia 16 de agosto, tendo sido visitada por aproximadamente 180 pessoas.

4.1.8.3. Observação - Ciclo 08

O evento transcorreu com significativo sucesso, com boa visitação à exposição de fotografias e público presente em todas as palestras. A única atividade que não teve adesão foi a Repentina, voltada à alunos da graduação. Em contrapartida a participação das crianças foi especialmente comemorada pelos organizadores, que perceberam a recepção ao tema pelas crianças como uma semente jogada ao futuro.

4.1.8.4. Reflexão - Ciclo 08

Apesar da falha na divulgação e o cancelamento da repentina, o evento em si foi bem-sucedido. Houve um grande êxito nas palestras apresentadas, que contaram com um público razoável todos os dias, assim como a exposição. Além disso, a empolgação das crianças ao descobrirem os fantásticos e distintos universos existentes dentro de cada colmeia deram esperança de algumas delas crescerão se lembrando da importância destas abelhinhas ao mudo que vivemos.

A partir desta experiência notamos mais uma proposição de princípio ao Design Pós-antropocêntrico: **o Design Pós-antropocêntrico percebe grandes significados observando simplicidades dos sistemas naturais.** Não conseguiremos quantificar no curto prazo o impacto que uma experiência como a que foi propiciada a estas crianças terá no longo prazo. Apesar disso sabemos que algum impacto terá. É como se olhássemos uma abelha visitando uma flor e tentássemos quantificar o impacto que ela causa ao ambiente em que vive, é difícil dimensionar, mas sabemos que ela faz diferença, e olhando além dela veremos muitas outras fazendo a sua pequena diferença, e a natureza envolta sendo impactada por abelhas, besouros, beija-flores, etc.

4.1.9. Considerações finais sobre Action Design Research

Os *insights* de ajustes fornecidos ao longo da *Action Design Research*, como a necessidade de eliminar a alça que forma o braço da Amelinha que segura o pote de mel, já que esta alça forma uma área de fragilidade e na ocasião da pintura com giz de cera a Diana sentiu que poderia quebrar este detalhe de importância estética, auxiliaram na reformulação dos requisitos. Os ajustes encontram-se relacionados FIGURA 4.26. , em formato de requisitos de ajustes, que alteram pontualmente os requisitos do primeiro protótipo.

REQUISITOS	OBRIGATÓRIOS	DESEJÁVEIS
W	Manter o foco nas Jataís, reduzindo o volume interno disponível para 2/3 do original;	
X	Incrementar um sistema para um preenchimento interno eficiente com vermiculita;	
Y	Criar sistema de alimentação artificial independente do módulo superior;	
Z	Adequar a passagem entre os módulos ninho e sobreninho;	
AA	Mitigar fragilidades na estrutura, como a alça do braço que segura um pote de mel;	
AB	Incorporar uma antena no chapéu de flor, sem criar uma zona de fragilidade;	
AC	Buscar o desenvolvimento de filamento para impressão 3D que incorpore atrativos.	

FIGURA 4.26. Lista de requisitos revisado

A seguir, com base nas reflexões que foram feitas nas etapas anteriores será concluída a busca por Diretrizes para o Design Pós-antropocêntrico. O QUADRO 4.6. classifica os enunciados entre os princípios para o Design Pós-antropocêntrico. Neste mesmo quadro os enunciados e princípios serão analisados, sob a lente da ética bioinclusiva (MATHEWS, 2011), entre aqueles que demandam uma postura ativa e aqueles que independem da atitude, se ativa ou passiva, em relação ao princípio, o seja são situações postas pela própria estrutura da ética bioinclusiva. Esta diferenciação faz-se necessária posto que se busca por diretrizes, e elas por definição devem indicar condutas, isto é, posturas ativas para a prática do Design Pós-antropocêntrico.

SEÇÃO	ENUNCIADOS	PRINCÍPIOS	POSTURA
2.3.1.	Não humanos e humanos têm o direito de influenciar nos objetivos e decisões em processos de design que afetam suas vidas, sendo o processo de design um processo humano, cabe aos humanos a concessão de espaço para a influência de não humanos em processos de design.	Bioinclusivo	Ativa
2.3.1.	Aceitar a vida enquanto processo, cedendo espaço para os indivíduos manifestarem suas conatividades, observar, aprender e valorizar as práticas e processos mutuamente.	Mútuos Devires	Ativa
2.3.1.	Busca-se reequilibrar a relação de seres humanos com os sistemas naturais, dado os desequilíbrios antrópicos aos ecossistemas, e que o processo de design é também antrópico, tal processo deve devolver energia aos entes não humanos do sistema vivo, em ação sinérgica de seres humanos endereçada a seres não humanos.	Bio-Sinérgico	Ativa
4.1.1.4.1.	Respeitar a dinâmica da vida tendo atenção às decisões para que elas sejam feitas em atendimento às vidas por elas afetadas.	Bioprioritário	Ativa
4.1.1.4.1.	Todos os seres vivos, não humanos e humanos, fazem parte de uma mesma comunidade e têm direito em equidade à vida e ao espaço ambiental.	Bioequitativo	Passiva
4.1.1.4.1.	Todos os seres vivos têm sua existência e sobrevivência interconectada, independente da possibilidade de se poder estabelecer as relações causa-efeito.	Bio-Rizomático e Bioequitativo	Passiva e Passiva
4.1.1.4.1.	Todos os seres vivos realizam contribuições positivas na harmonia da natureza, ainda que estas contribuições possam não ser explicitamente percebidas.	Bio-Rizomático	Passiva
4.1.1.4.1.	Seres humanos não são inerentemente superiores a outros seres vivos.	Bioequitativo	Passiva
4.1.2.4.1.	O desenvolvimento de alternativas bioinclusivas demandam compreensão holística da vida.	Mútuos Devires e Bio-Sinérgico	Ativa e Ativa
4.1.2.4.1.	Proteção ambiental deve ser instrumentalizada através da inclusão do ser humano e não de sua exclusão.	Bioinclusivo	Ativa
4.1.3.4.1.	seres humanos estão em pé de igualdade com todos outros seres, inclusive humanos.	Bioequitativo	Passiva
4.1.4.4.1.	A percepção estética entre seres humanos e outras formas de vida é passível de ser compatibilizada.	Mútuos Devires	Ativa
4.1.4.4.1.	Incorporar as adaptações observadas por outros seres vivos no convívio com o ser humano.	Mútuos Devires	Ativa
4.1.5.4.1.	Considerar todo o ciclo da vida no Design de um artefato.	Bio-Rizomático e Bio-Sinérgico	Passiva e Ativa
4.1.6.4.1.	Reconectar o ser humano com a natureza é um processo de aprendizado contínuo e que precisa ser instrumentalizado	Mútuos Devires e Bio-Sinérgico	Ativa e Ativa
4.1.6.4.1.	A apropriação dos processos de design pelos indivíduos quais potencialmente os resultados dos processos influenciarão as vidas cria uma relação de significado mais profunda.	Bioinclusivo	Ativa
4.1.7.4.1.	Integrar e valorizar a heterogeneidade e diversidade da natureza.	Mútuos Devires e Bioinclusivo	Ativa e Ativa
4.1.8.4.1.	O Design Pós-antropocêntrico percebe grandes significados observando simplicidades dos sistemas naturais.	Mútuos Devires e Bio-Rizomático	Ativa e Passiva

QUADRO 4.6. Quadro para a classificação dos enunciados em princípios e posturas

Com os enunciados classificados com os princípios, e entre ativos e passivos, o QUADRO 4.7. , a seguir apresentará as definições objetivas dos princípios, em texto que elucida a classificação das posturas empregada no quadro anterior.

PRINCÍPIOS	DESCRIÇÃO OBJETIVA DOS PRINCÍPIOS	POSTURA
Princípio Bioinclusivo	Trata da atitude de incluir ativamente o não humano.	Ativa
Princípio dos Mútuos Devires	Trata da atitude de observar ativamente e aprender com o não humano, compreender os processos, as transformações do não humano.	Ativa
Princípio Bio-Sinérgico	Trata da atitude de direcionar a energia ativamente para o não humano no intuito de buscar um reequilíbrio sinérgico no sistema vivo.	Ativa
Princípio Bioprioritário	Trata da atitude de priorizar as demandas do não humano, fazendo um esforço ativo para identificar entrelinhas onde se escondam vetores contrários ao intento, que são as demandas do não humano.	Ativa
Princípio Bioequitativo	Trata do fato que os indivíduos vivos têm equivalência na biosfera.	Passiva
Princípio Bio-Rizomático	Trata do fato que todos nós compartilhamos o mesmo meio ambiente e seus recursos.	Passiva

QUADRO 4.7. *Quadro de definições objetivas dos princípios*

Com as informações apresentadas no QUADRO 4.7. é possível inferir que os Princípios Bioinclusivo, dos Mútuos Devires, Bio-Sinérgico e Bioprioritário são as próprias Diretrizes para um Design Pós-antropocêntrico. É importante observar que os Princípios Bioequitativo e Bio-Rizomático não foram descartados, o fato é que considerando a lente da ética bioinclusiva aplicada à definição de tais princípios, estes são condicionantes para enxergar o mundo a partir desta lente.

Diretrizes para um Processo de Design Pós-antropocêntrico são:

- **Diretriz Bioinclusiva:** incluir ativamente o não humano no processo de design.
- **Diretriz dos Mútuos Devires:** observar ativamente e aprender com o não humano, compreender os processos, as transformações do não humano, e trazer tais lições ao processo de design.
- **Diretriz Bio-Sinérgica:** direcionar a energia ativamente para o não humano no processo de design, no intuito de buscar um reequilíbrio sinérgico no sistema vivo.

- **Diretriz Bioprioritária:** priorizar as demandas do não humano, fazendo um esforço ativo para identificar entrelinhas onde se escondam vetores contrários ao intento, que são as demandas do não humano.

4.2. Desenvolvimento de dispositivos *IoT* à Meliponicultura a partir de dispositivos *IoT* já existentes voltados a Apicultura

4.2.1. Visão geral dos resultados

O quadro abaixo apresenta as atividades da meliponicultura, classificadas por suas afinidades em fases distintas de um meliponário (início, expansão, rotina e mitigação).

Intensidade da aplicação das atividades por fases			
início	expansão	rotina	mitigação
<div> <div>● alta</div> <div>○ média</div> <div>● baixa</div> </div> <div> <div>NA não aplicável</div> <div>X desaconselhável</div> </div>			
Atividades de manejo na meliponicultura			
grupo de atividades mais aplicáveis em situações de início e expansão			
●	●	○	●
●	●	○	○
○	●	○	X
○	○	●	○
atividades mais aplicáveis em situações de expansão e rotina			
○	○	●	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○
NA	○	○	X
atividade mais aplicável em situação de rotina			
NA	NA	○	○
NA	NA	○	○
NA	NA	○	○
NA	NA	○	○
atividades mais aplicáveis em situações de mitigação			
NA	NA	○	○
NA	NA	○	○
NA	NA	○	○
NA	NA	○	○










QUADRO 4.8. Atividades de meliponicultura (elaborado pelo autor, baseado em NOGUEIRA NETO (1997), VILLAS-BÔAS (2012), BARROS (2013) e PALUMBO (2015))

O quadro a seguir apresenta a afinidade entre as atividades de meliponicultura identificadas na literatura e os sensores de *IoT*.

<div><div><div></div></div>alta</div> <div><div></div></div> média <div><div></div></div> baixa <div>NA não aplicável</div>		Matriz de avaliação da afinidade entre atividades de manejo na meliponicultura e sensores IoT												
Atividades de manejo na meliponicultura		temperatura	umidade	pressão, carga	ótico, visual	movimento, GPS	inclinação	som, vibração	nível, transbordo	fluxo	presença, proximidade	químico, gás	elétrico, magnético	
grupo de atividades mais aplicáveis em situações de início e expansão		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	NA	
obter colônias		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
transferir colônias		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
dividir colônias		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
transportar colônias		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
atividades mais aplicáveis em situações de expansão e rotina		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<div></div>	NA	
confeccionar e consertar caixas racionais		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
inspecionar periodicamente as colônias		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
fornecer alimentação artificial		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	NA	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
fornecer reforço de cera		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	NA	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
fornecer água limpa nas proximidades		<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	NA	NA	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	<div></div>	NA	
assear e administrar o interior das caixas		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	NA	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
assear o ambiente circunvizinho às caixas		<div></div>	<div></div>	NA	<div></div>	NA	<div></div>	NA	NA	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
atividade mais aplicável em situação de rotina		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
coletar produtos (mel, própolis, cera & c.)		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
atividades mais aplicáveis em situações de mitigação		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
combater inimigos naturais		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
eleva a umidade relativa interna		<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	NA	NA	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	<div></div>	NA	
fundir colônias enfraquecidas		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	
proteger contra frio e insolação		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	NA	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	NA	<div></div>	

QUADRO 4.9. Matriz de avaliação da afinidade entre atividades da meliponicultura e sensores em *IoT*
(Fonte: o autor)

Esta matriz apresenta o resultado da *survey*, apresentando a avaliação de disponibilidade e equivalência entre os sensores de *IoT* adequados à meliponicultura e os sensores que equipam os dispositivos analisados.

<div><div><div><div><div><div>1 portátil</div><div>2 modular</div></div></div><div><div><div>não disponível</div><div>ND</div><div>superior</div><div>equivalente</div><div>inferior</div></div></div></div></div></div>	Matriz de avaliação da disponibilidade e equivalência entre os sensores IoT aplicáveis à meliponicultura e o sensores ofertados nos dispositivos IoT para apicultura															
Dispositivos IoT para apicultura				temperatura	umidade	pressão, carga	ótico, visual	movimento, GPS	inclinação	som, vibração	nível, transbordo	fluxo	presença, proximidade	químico, gás	elétrico, magnético	
<div>3Bee¹</div> <div>Artefato portátil afere o peso das caixas e posicionamento GPS, registra e envia os dados à nuvem.</div> <div>https://www.3bee.it</div> <div></div>				ND	ND	<input type="radio"/>	ND	<input type="radio"/>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<input type="radio"/>
<div>Bee&Me</div> <div>Afere temperatura no ninho e no ambiente, umidade ambiente e o peso da caixa, registra e envia os dados à nuvem.</div> <div>https://beeandme.com/</div> <div></div>				<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<input type="radio"/>
<div>BroodMinder²</div> <div>Artefato modular, afere o peso das caixas, a umidade e temperatura no ninho, registra e envia os dados à nuvem.</div> <div>https://broodminder.com/</div> <div></div>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<input type="radio"/>
<div>Capaz</div> <div>Artefato afere umidade e temperatura no ninho e ambiente, o peso da caixa, volume de chuva e insolação, usa nuvem de dados.</div> <div>https://www.capaz.de/</div> <div></div>				<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ND	ND	ND	<input type="radio"/>	ND	ND	ND	ND	<input type="radio"/>
<div>GoBuzzR</div> <div>Artefato afere umidade e temperatura no ninho e ambiente, o peso da caixa e insolação, registra e envia os dados à nuvem.</div> <div>https://www.gobuzzr.com/</div> <div></div>				<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<input type="radio"/>
<div>OsBeeHives</div> <div>Afere umidade e temperatura no ninho e ambiente, o peso, insolação e detecta perturbações nas caixas, nuvem de dados.</div> <div>https://www.osbeehives.com/</div> <div></div>				<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<input type="radio"/>
<div>Pollenity</div> <div>Artefato modular, afere temperatura e umidade interna nas caixas, o peso, lê o som no interior da caixa, usa a nuvem de dados.</div> <div>https://pollenity.com/</div> <div></div>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ND	ND	ND	<input checked="" type="radio"/>	ND	ND	ND	ND	ND	<input type="radio"/>
<div>SolutionBee²</div> <div>Modular, cluster de coleta de dados conecta a nuvem de ponto único, afere a umidade no ninho, temperatura ambiente e no ninho, peso e GPS.</div> <div>https://solutionbee.com/</div> <div></div>				<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ND	<input type="radio"/>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<input type="radio"/>
<div>Zygi²</div> <div>Modular, afere umidade e temperatura no ninho, o peso, inclinação, nível e câmera. Envia os dados à nuvem.</div> <div>https://zygi.gr/</div> <div></div>				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ND	<input checked="" type="radio"/>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<input type="radio"/>

QUADRO 4.10. Matriz de disponibilidade e equivalência entre os sensores IoT aplicáveis à meliponicultura e os sensores que equipam artefatos em IoT comercialmente disponíveis para apicultura (Fonte: o autor)

Por fim o quadro a seguir combina os três anteriores.

Intensidade da aplicação das atividades por fases				Matriz de avaliação da afinidade entre atividades de manejo na meliponicultura e sensores IoT															
início	expansão	rotina	mitigação	● alta ● média NA não aplicável ● baixa X desaconselhável															
				Atividades de manejo na meliponicultura															
				grupo de atividades mais aplicáveis em situações de início e expansão															
				transferir colônias															
				dividir colônias															
				transportar colônias															
				atividades mais aplicáveis em situações de expansão e rotina															
				confeccionar e consertar caixas racionais															
				inspecionar periodicamente as colônias															
				fornecer alimentação artificial															
				fornecer reforço de cera															
				fornecer água limpa nas proximidades															
				assear e administrar o interior das caixas															
				assear o ambiente circunvizinho às caixas															
				atividade mais aplicável em situação de rotina															
				coletar produtos (mel, própolis, cera & c.)															
				atividades mais aplicáveis em situações de mitigação															
				combater inimigos naturais															
				elevar a umidade relativa interna															
				fundir colônias enfraquecidas															
				proteger contra frio e insolação															
				● superior ● equivalente ● inferior ND não disponível															

QUADRO 4.11. Fusão das Matrizes de intensidade das atividades por fase, afinidade das atividades por sensores e disponibilidade de sensores em IoT por produtos disponíveis comercialmente (Fonte: o autor)

4.2.2. Análises dos resultados

A área hachurada destaca os três sensores mais presentes dentre os produtos analisados, e que permitem um bom fornecimento de dados para atividades mais aplicadas em situações de expansão, rotina e mitigação, e é perceptível que a relevância destes três sensores é menor ao grupo de atividades mais aplicadas em situações de início. Dos artefatos que possuem sensor de ‘temperatura’, alguns mensuram somente a interna e outros também a ambiente. Daqueles que possuem sensor de ‘umidade’, alguns mensuram somente umidade relativa interna, outros também a ambiente e outros somente a ambiente (neste caso foi atribuído o valor inferior, pois as aferições no interior das caixas são prioritárias). O sensor de ‘pressão, carga’ tem presença universal na amostragem, medindo as variações de peso nas caixas, uma informação relevante, principalmente aos criadores com foco em produção de mel.

Os sensores fora da área hachurada restaram preteridos nos produtos analisados e podem ter especial utilidade na meliponicultura, principalmente considerando a implantação de trabalho remoto. Por exemplo, os sensores ‘ótico, visual’, ‘movimento, GPS’ e ‘inclinação’ têm grande afinidade com as atividades mais aplicadas às situações de início, que ficaram bastante desassistidas. Neste sentido, o artefato do fornecedor Zygi possui um módulo de câmera apiária, algo aparentemente útil na meliponicultura considerando que no manejo convencional o monitoramento visual é a ação que antecede quase todas as demais ações rotineiras do meliponicultor. No entanto é necessário considerar que meliponíneos tendem a propolizar quase tudo dentro das caixas, o que provavelmente dificulta a captação de imagens, um problema que, levando em consideração a grande variedade de comportamentos entre as distintas espécies de abelhas nativas, pode se tornar incontornável de forma global. A alternativa seria o uso associado de sensores como o de ‘fluxo’ e o de ‘som, vibração’, que juntos têm potencial significativo de substituir os sinais visuais no monitoramento remoto, porém o sensor de ‘fluxo’ não foi encontrado entre os artefatos da amostragem e o sensor de ‘som, vibração’ é fornecido somente em um artefato.

O sensor de ‘som, vibração’ tem grande utilidade ao trabalho remoto em meliponários pela captação da variação dos ruídos produzidos pelas abelhas, que variam com as alterações de

atividade no interior da colmeia, sua leitura regular pode sinalizar enxameamentos, situações com a rainha, e ataques, por exemplo. Associados a termômetros, sensores sonoros podem registrar picos e baixas de atividades nas colmeias, que contrapostos aos horários em que ocorrem podem tornar mais precisos os diagnósticos remotos das situações com as colônias. O uso associado de sensores deve ter especial consideração na melhoria dos artefatos com foco na implantação de trabalho remoto na meliponicultura.

Note-se que os dispositivos que conseguem abranger atividades mais aplicadas em situações de início e mitigação são modulares (SolutionBee e Zigy). A modularidade é uma característica interessante ao meliponicultor, haja vista que cada casta de abelha nativa possui peculiaridades que tornam alguns sensores mais relevantes que outros, assim a aquisição de sensores em módulos distintos possibilitaria uma melhor adaptação do artefato às necessidades específicas de cada caso.

A presente investigação demonstra que as soluções *IoT* comercialmente disponíveis habilitam parcialmente seu uso na implantação de trabalho remoto em atividades rotineiras da meliponicultura, mas que poderiam abranger mais atividades com uma maior adaptação às necessidades específicas da meliponicultura. O desenvolvimento destas tecnologias pode beneficiar não somente o meliponicultor, mas também favorecer a aproximação de pessoas comuns a esta atividade, com interesse mais voltado à proteção ambiental do que ao extrativismo. Como observado nas análises, ainda há muito que fazer para tornar tais artefatos plenamente adequados à meliponicultura. Por fim, considerando que esta pesquisa buscou contribuir com o mapeamento das possibilidades presentes e lacunas de inovação, é importante salientar que as lacunas de inovação identificadas necessariamente demandam investimento em pesquisas básicas que levem em consideração a grande variedade de espécimes de abelhas sem ferrão brasileiras em suas minúcias comportamentais, de tipologias de colmeias etc., e que as possibilidades oferecidas por *IoT* (e demais tecnologias digitais emergentes) em meliponicultura mostram ter significativa capacidade de adaptação e potencial para auxiliar meliponicultores profissionais e amadores.

5. CONCLUSÃO

5.1. Considerações Finais

Considera-se que a pesquisa apresentada nesta dissertação aponta respostas à pergunta estabelecida no Capítulo 01. (*Como desenvolver soluções de Design para a Sustentabilidade através de um paradigma pós-antropocêntrico?*). Através de um projeto desenvolvido de forma multidisciplinar e colaborativa, tendo como objeto de pesquisa abelhas da subfamília Meliponíneos, o estudo propõe quatro Diretrizes para um Processo de Design Pós-antropocêntrico dois princípios basilares à prática da ética bioinclusiva, a saber:

- **Diretriz Bioinclusiva:** incluir ativamente o não humano no processo de design.
- **Diretriz dos Mútuos Devires:** observar ativamente e aprender com o não humano, compreender os processos, as transformações do não humano, e trazer tais lições ao processo de design.
- **Diretriz Bio-Sinérgica:** direcionar a energia ativamente para o não humano no processo de design, no intuito de buscar um reequilíbrio sinérgico no sistema vivo.
- **Diretriz Bioprioritária:** priorizar as demandas do não humano, fazendo um esforço ativo para identificar entrelinhas onde se escondam vetores contrários ao intento, que são as demandas do não humano.
- **Princípio Bioequitativo:** do fato que a vida tem valor equivalente em sua diversidade.
- **Princípio Bio-Rizomático:** do fato que a vida compartilha o mesmo meio ambiente e recursos.

A pesquisa de campo possibilitou, também, a determinação de diretrizes para o uso efetivo da fabricação digital, mais especificamente a impressão 3D, no projeto de soluções pós-antropocêntricas. O moto para tal ênfase é a possibilidade de produção distribuída de soluções voltadas à proteção da vida de outros seres vivos. Apesar dos decursos próprios da tecnologia em desenvolvimento, o projeto foi plenamente executado e colocado para validação em campo onde funcionou por mais de 8 meses, atravessando o inverno rigoroso de Curitiba.

A pesquisa de campo demonstrou a grande complexidade na compreensão das necessidades das abelhas. Muito embora a observação direta, sistemática e prolongada possa contribuir para possibilitar tal compreensão, a pesquisa mostra que há um papel potencial nas tecnologias digitais emergentes para instrumentalizar este “diálogo”. Neste sentido, compreende-se que se alcançou de forma satisfatória o objetivo específico de caracterizar as oportunidades de inovação através da utilização da Internet das Coisas (*IoT*) em produtos e serviços voltados à meliponicultura, entre as principais possibilidades de inovação está o monitoramento remoto da qualidade de vida das colmeias.

Ficou evidente a lacuna de dispositivos com características suficientemente satisfatórias à meliponicultura, haja vista se cenário adverso comparativamente ao da padronizada apicultura. Assim os dispositivos voltados às melíponas necessitariam ter maior adaptabilidade, possibilidade de customização, além de um arranjo de sensores que é pouco usual nos dispositivos comercialmente disponíveis. Nesse sentido, considerando variabilidade de espécies da meliponicultura, o ideal seria possibilitar a modularização dos dispositivos, de maneira que para cada espécie um grupo de sensores mais adequado poderiam ser arranjados para trabalharem em conjunto.

As lacunas identificadas mostram grande possibilidade de contribuição do design com abordagens pós-antropocêntricas num campo em franco crescimento para as tecnologias digitais emergentes, entre elas Inteligência Artificial, *Big Data* e *IoT*. O fornecimento de monitoramento remoto pode incrementar o interesse de pessoas comuns à tutela de colmeias, já que tal monitoramento simplifica a relação entre o tutor e a colônia. Inteligência Artificial pode aprender a associar leitura de mais que um sensor a passar a compreender melhor quando fatos específicos como enxameamento, ataque de forídeos, ataque de outros predadores, falta de alimentos, insolação, etc., estão ocorrendo, emitindo avisos ao tutor muito antes que a situação se torne incontornável.

5.2. Considerações sobre o Método de Pesquisa

A utilização da lógica abdutiva via a *Action Design Research* se mostrou adequada aos propósitos da presente dissertação. Uma alternativa a este método, passível de ser explorada em futuras pesquisas, seria a utilização da *Grounded Theory*, a partir da análise

crítica de estudos de caso *ex-post-facto* baseados em abordagens biocêntricas. Tal abordagem não foi adotada na presente pesquisa, tendo em vista o propósito de buscar uma compreensão detalhada da dinâmica, critérios e barreiras para se alcançar um Design Pós-antropocêntrico.

5.3. Sugestões para Pesquisas Futuras

Sobre a redução da medida da colmeia, na natureza as abelhas avaliam os locais de nidificação segundo a segurança, ventilação, volume útil entre outros aspectos como disponibilidade de florada, etc., no entanto não há padrão e há sim colônias com mais e outras com menos espaço disponível. Se o propósito é a simples tutela de uma colmeia, o fato de ter menos espaço disponível fará com que a colmeia acumule menos alimento, mas também terá menos indivíduos dependendo desta reserva, ao mesmo tempo em que a superlotação fará com que esta colmeia enxameie mais, o que pode ser útil se considerarmos o propósito associado de preservação. Outra alternativa a este problema seria projetar para outra espécie. De fato, a abelha Mirim, por exemplo, é simples de administrar e precisa de menos espaço, portanto rever a espécie para qual se está projetando pode ser também uma opção. Com o propósito de tornar os projetos mais adaptáveis às diferentes espécies e zonas climáticas pode-se desenvolver um projeto paramétrico - e facilmente adaptável - de caixa para abelhas.

Sobre a eficiência térmica do artefato, a investigação de diferentes materiais no uso como isolante para as estruturas das paredes pode motivar pesquisas interessantes. A vermiculita, por exemplo, é um mineral expandido em um processo que utiliza o seu aquecimento. É um material amplamente utilizado na agricultura e construção civil, pode ser utilizado para preencher o espaço vazio entre as paredes externas e internas da colmeia, propiciando um melhor conforto térmico às abelhas. Outros materiais possam oferecer boas características a este tipo de aplicação, a se investigar.

As diretrizes aqui propostas, bem como outras abordagens encontradas na literatura durante esta pesquisa como o *Landscape Sustainability Science (LSS)*, ou o *Road Permeability Index (RPI)*, podem ser submetidas ao enquadramento multinível proposto por Ceschin e

Gaziulusoy (2020), incrementando a proposta dos autores e fortalecendo a compreensão do campo do Design para a Sustentabilidade.

Outras sugestões: Desenvolvimento de Sistema Produto-Serviço para a Meliponicultura; Desenvolvimento de Suprimento por Impressora 3D com Feromônio para Abelhas Sem Ferrão; Desenvolvimento de Caixa de Abelha Didático-Pedagógica; Estudo Sobre as Potencialidades Pedagógicas de um objeto como a caixa de abelhas Amelinha; Estudo Sobre o Impacto em Educação Ambiental através de Meliponíneos.

REFERÊNCIAS

- ABELHA, Associação Brasileira de Estudos da Abelha. **Meliponicultura no Brasil**, online. Disponível em: <<https://abelha.org.br/meliponicultura-no-brasil/>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- ACOSTA, Gabriel G. e ROMEVA, C. R. From anthropocentric design to ecospheric design: Questioning design epicentre. In: **DS 60: Proceedings of DESIGN 2010, the 11th International Design Conference**, pp. 29-38, Dubrovnik/Croácia, 2010. Disponível em: <<https://www.designsociety.org/publication/29348/from+anthropocentric+design+to+ecospheric+design%3a+questioning+design+epicentre>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- AGRIFOGLIO, Rocco *et al.* How emerging digital technologies affect operations management through co-creation. Empirical evidence from the maritime industry. **Production Planning & Control**, v. 28, n. 16, pp. 1298-1306, dez. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1375150>>. Última visita: 16 jan. 2021.
- ANDRÉN, Henrik. Corvid Density and Nest Predation in Relation to Forest Fragmentation: A Landscape Perspective. **Ecology**, v. 73, n. 3, pp. 794-804, jun. 1992. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/1940158>>. Última visita: 15 jan. 2021.
- ARIAS-MALDONADO, Manuel. The Anthropocenic Turn: Theorizing Sustainability in a Postnatural Age. **Sustainability**, v. 8, n. 1, pp. 1-17, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su8010010>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- ASSIS, Julia C.; GIACOMINI, Henrique C. e RIBEIRO, Milton C. Road Permeability Index: Evaluating the heterogeneous permeability of roads for wildlife crossing. **Ecological Indicators**, v. 99, pp. 365-374, abr. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.012>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- BARROS, Hassein Mesquita. **Manejo racional de colônias de Meliponíneos**. 66p., 2013. Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/104410>>. Última visita: 17 jan. 2021.
- BERENGUER, Jaime. The Effect of Empathy in Environmental Moral Reasoning. **Environment and Behavior**, v. 42, n. 1, pp. 110-134, jan. 2010.
- BERINGER, Juliana; MACIEL, Fábio L. e TRAMONTINA, Francine F. O declínio populacional das abelhas: causas, potenciais soluções e perspectivas futuras. **Revista Eletrônica Científica Da UERGS**. v. 5, n. 1, pp. 18-27, abr. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.21674/2448-0479.51.18-27>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- BEUMER, Carijn. **Stepping Stone Cities? Exploring Urban Greening and Gardening as a Viable Contribution to Global Biodiversity Conservation**. 460p., 2014. Tese (Doutorado em Ciências da Sustentabilidade) - Maastricht University Graduate School of Sustainability Science, Universiteit Maastricht, Maastricht/Holanda, 2014.
- BIOLCHINI, Jorge *et al.* **Systematic Review in Software Engineering: Relevance and Utility**. Technical Report ES-679/05, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 30p., 2005. Disponível em: <<https://www.cos.ufrj.br/uploadfile/es67905.pdf>>. Última visita: 19 jan. 2021.

- BRAGA, Juliana A.; NUNES, Rodrigo M. e LORENZON, Maria C. **Abelhas sem Ferrão Brasileiras como Bioindicadores em Vegetação de Floresta Tropical Úmida**. Projeto Abelha-Natureza, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/RJ, 4p., 2008. Disponível em: http://www.ufrj.br/abelhanatureza/paginas/docs_abelha_nat/ArtigoMandacaia.pdf. Última visita: 13 jan. 2021.
- BRASIL, Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasília/DF, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Última visita: 16 jan. 2021.
- BRASIL, Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Brasília/DF, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Última visita: 15 jan. 2021.
- BRASIL, Constituição 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília/DF: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Última visita: 16 jan. 2021.
- CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação: A ciência, a sociedade e a cultura emergente**. 25. ed. São Paulo/SP: Cultrix, 1995. 447 p
- CARRUTHERS, Jane. The Anthropocene. **South African Journal of Science**, v. 115, n. 7-8(6428), jul. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17159/sajs.2019/6428>. Última visita: 13 jan. 2021.
- CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo/SP: Contexto, 1991. 147 p
- CATTON JR., William R. The Problem of Denial. **Human Ecology Review**, v. 3, n. 1, pp. 53-62, set. a nov. 1996. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24706917>. Última visita: 13 jan. 2021.
- CESCHIN, Fabrizio e GAZIULUSOY, İdil. **Design for Sustainability: A Multi-level Framework from Products to Socio-technical Systems**. New York/EUA: Routledge, 2020. 172 p
- CHASE, Christopher. Systems Thinking: Seeing How Everything is Connected. **Creative by Nature**, Fukuoka/Japão, nov. 2014. Disponível em: <https://creativesystemsthinking.wordpress.com/2014/11/22/systems-thinking-seeing-how-everything-is-connected/> Última visita: 14 jan. 2021.
- CHEN, Danfang *et al.* Direct digital manufacturing: definition, evolution, and sustainability implications. **Journal of Cleaner Production**, v. 107, pp. 615-625, nov. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.009> Última visita: 16 jan. 2021.
- CNCFlora/JBRJ Centro Nacional de Conservação da Flora do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/> Última visita: 25 set. 2019.
- COHEN, Erik. Posthumanism and tourism. **Tourism Review**, v. 74, n. 3, pp. 416-427, 12 jun. 2019.
- CONAMA (Brasil). Resolução 496, de 19 de agosto de 2020. **Disciplina o uso e o manejo sustentáveis das abelhas-nativas-sem-ferrão em meliponicultura**. Diário Oficial da União nº 160, de 20 de agosto de 2020, Seção 1, página 91. Brasília/DF. 2020. Disponível em:

<<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-496-de-19-de-agosto-de-2020-273217120>>. Última visita: 16 jan. 2021.

- COSTA, Maria O. N. G. **Tecnologias Digitais Emergentes e as Potenciais Mudanças para as Práticas do Design: Modelo para Estabelecer Competências Orientadas para o Futuro**. 2019. 333p. Tese (Doutorado em Design) - Setor de Artes, Comunicação e Design, Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2019. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/61872>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- CRUTZEN, Paul J. e STOERMER, Eugene F. The 'Anthropocene'. **Global Change Newsletter**, v. 41, n. 1, pp. 17-18, mai. 2000. Disponível em: <<http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- DEARBORN, Donald e KARK, Salit. Motivations for Conserving Urban Biodiversity. **Conservation biology**: the journal of the Society for Conservation Biology, Washington/EUA, v. 24, pp. 432-440, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01331.x>>. Última visita: 14 jan. 2021.
- DERR, Patrick G. e MACNAMARA, Edward M. **Case Studies in Environmental Ethics**. 1 ed. Nova York/EUA: Rowman & Littlefield, 2003. 275 p
- DIAMANDIS, Peter H. e KOTLER, Steven. **Abundance: The Future Is Better Than You Think**. New York/EUA: Free Press, 2012. 343 p
- DRISCOLL, Don A. e WEIR, Tom. Beetle Responses to Habitat Fragmentation Depend on Ecological Traits, Habitat Condition, and Remnant Size. **Conservation Biology**, v. 19, n. 1, pp. 182-194, fev. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00586.x>>. Última visita: 15 jan. 2021.
- ECYCLE. **Plástico PLA: alternativa biodegradável e compostável**, online. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/738-plastico-pla>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- ELKINGTON, John. 25 Years Ago I Coined the Phrase "Triple Bottom Line." Here's Why It's Time to Rethink It. **Harvard Business Review**, online, 25 jun. 2018. Disponível em: <<https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- ENGEL, Guido I. Pesquisa-ação. **Educar em Revista**. Curitiba/PR: Universidade Federal do Paraná, n. 16, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0104-4060.214>>. Última visita: 17 jan. 2021.
- FREIRE, Delci C.; BRITO-FILHA, Carmina R. C. e CARVALHO-ZILSE, Gislene A. Efeito dos óleos vegetais de andiroba (*Carapa sp.*) e Copaíba (*Copaifera sp.*) sobre forídeo, pragas de colmeias, (Diptera: *Phoridae*) na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus/AM, v. 36, n. 3, pp. 365-368, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000300012>>. Última visita: 16 jan. 2021.
- GARDIEN, Paul *et al.* Changing your hammer: The implications of paradigmatic innovation for design practice. **International Journal of Design**, v. 8, n. 2, pp. 119-139, 2014. Disponível em: <<http://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/1315/620>>. Última visita: 13 jan. 2021.

- GARRARD, Greg. **Ecocrítica**. Trad. Vera Ribeiro. Brasília/DF: Editora da Universidade de Brasília, 2006. 292 p
- GASCON, Claude *et al.* Matrix habitat and species persistence in tropical forest remnants. **Biological Conservation**, v. 91, n. 2-3, pp. 223-229, dez. 1999. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00080-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00080-4)>. Última visita: 15 jan. 2021.
- GATTO, Gionata e MCCARDLE, John R. Multispecies Design and Ethnographic Practice: Following Other-Than-Humans as a Mode of Exploring Environmental Issues. **Sustainability**, v. 11, n. 18(5032), set. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su11185032>>. Última visita: 14 jan. 2021.
- GILLANI, Fatima *et al.* Implementation of digital manufacturing technologies: Antecedents and Consequences. **Journal of Cleaner Production**, v. 229(107748), 21p., abr. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107748>> Última visita: 16 jan. 2021.
- GODDARD, Mark A.; DOUGILL, Andrew J. e BENTON, Tim G. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 2, pp. 90-98, fev. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2009.07.016>>. Última visita: 15 jan. 2021.
- GOULSON, Dave *et al.* Combined stress from parasites, pesticides and lack of flowers drives bee declines. **Science**, Nova York/EUA, v. 347(6229-1255957), mar. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1126/science.1255957>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- GROOM, Martha J. **Principles of conservation biology**. 3 ed. Sunderland/EUA: Sinauer Associates, 2006. 699 p
- GROVE, Richard H. **Green imperialism: colonial expansion, tropical Island Edens and the origins of environmentalism**. Cambridge/Inglaterra: Cambridge University Press, 1995. 540 p
- GRÜTER, Christoph *et al.* Repeated evolution of soldier sub-castes suggests parasitism drives social complexity in stingless bees. **Nature Communications**, v. 8(4), fev. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-016-0012-y>>. Última visita: 15 jan. 2021.
- GUATTARI, Félix. **As três ecologias**. Campinas: Papirus, 1993. Trad. de Maria Cristina F. Bittencourt. Les trois écologies. Paris/França: Editions Galilée, 1989. 56 p
- GUNDERMAN, Hannah C. e WHITE, Richard J. Critical posthumanism for all: a call to reject insect speciesism. **International Journal of Sociology and Social Policy**, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/IJSSP-09-2019-0196>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- GUPTA, Anil. **Landscape of Love**. Honey Bee Network, online, 2014. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/anilgb/landscapes-of-love-sharing-and-co-creation-in-urban-spaces-a-case-of-ahmedabad/38>>. Última visita: 17 jan. 2021.
- HAI-BOLOURI, Amir; BERNHARDSSON, Lennarth e ROSSI, Matti. PADRE: A Method for Participatory Action Design Research. In: PARSONS, J *et al.* Tackling Society's Grand Challenges with Design Science. **DESRIST 2016**. Lecture Notes in Computer Science, v. 9661. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39294-3_2> Última visita: 17 ago. 2019.
- HALL, Damon M. *et al.* The city as a refuge for insect pollinators. **Conservation biology**, v. 31(1), pp. 24-29, fev. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/cobi.12840>>. Última visita: 12 jan. 2021.

- HALLMANN, Caspar A. *et al.* More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, out. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- HELMS, Remko *et al.* A Design Research Approach to Developing User Innovation Workshops in Second Life. **Journal of Virtual Worlds Research**. v. 3, n. 1, 2010.
- HOUAISS. **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro/RJ: Editora Objetiva, jun. 2009.
- HSU, Chin-Lung e LIN, Judy C. An empirical examination of consumer adoption of Internet of Things services: Network externalities and concern for information privacy perspectives. **Computers in Human Behavior**, v. 62, pp. 516-527, set. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.04.023>> Última visita: 17 jan. 2021.
- ICMBio-MMA - Instituto Chico Mendes da Conservação de Biodiversidade. **Lista de Espécies Ameaçadas**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/especies-ameacadas-destaque>>. Última visita: 15 ago. 2019.
- IOM, International Organization for Migration. **IOM Migration Research Series No. 31 - Migration and Climate Change**. Genebra/Suíça, 2008. Disponível em: <<https://publications.iom.int/books/mrs-ndeg31-migration-and-climate-change>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **Relatório Especial sobre Aquecimento Global de 1,5°C - Sumário para formuladores de políticas**. Genebra/Suíça, 2018. Trad. Mariane Arantes Rocha de Oliveira. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia, 2019. 27 p. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate**. Genebra/Suíça, 2019. Disponível em: <https://report.ipcc.ch/srocc/pdf/SROCC_FinalDraft_FullReport.pdf>. Última visita: 13 jan. 2021.
- JAFFÉ, Rodolfo *et al.* Estimating the Density of Honeybee Colonies across Their Natural Range to Fill the Gap in Pollinator Decline Censuses. **Conservation biology**, v. 24(2), pp. 583-593, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01331.x>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- JESUS, Tiago F. **Sistema de calefação para ninhos de abelhas-sem-ferrão com controle e leitura de temperatura interna por sistema remoto**. 2017, 67 p. Programa de Pós-Graduação em Agrossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/179779>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- JONSSON, Fredrik A. The Origins of Cornucopianism: A Preliminary Genealogy. **Critical Historical Studies**, v. 1, n. 1, pp. 151-168, jul.-set. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1086/675081>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- KERR, Warwick E. *et al.* **Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e Conservação**. Belo Horizonte/MG: Acangaú/Fundação Banco do Brasil, 1996. 144 p

- KLEIN, Alexandra-Maria. *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of Royal Society B**. v. 274(1608), pp. 303-313, fev. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- KOLB, David A. **Experiential Learning: experience as a source of learning and development**. Englewood Cliffs/EUA: Prentice Hall, 1984. 416 p
- KRISHNAMACHARI, Bhaskar. The ABC of Emerging Digital Technologies. **Medium**, online, 11 fev. 2018. Disponível em: <<https://medium.com/@bhaskark2/the-abc-of-emerging-technologies-4c52da5cc51b>>. Última visita: 15 jan. 2021.
- LACERDA, Daniel P. *et al.* Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, pp. 741-761, nov. 2013.
- LIMA, Francisco A. *et al.* Flutuação Populacional de Moscas Cleptoparasitas em Abelhas Sem Ferrão, Em Japarutuba, Sergipe, Brasil. **Agroforestalis News**, v. 4, n. 1, pp. 37-44, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/handle/123456789/1405>>. Última visita: 10 jan. 2021.
- MADDISON, David R. e SCHULZ, Katja S. **The Tree of Life Web Project**, online, edição 2007. Disponível em: <<http://tolweb.org>>. Última visita: 19 jan. 2021.
- MAKINSON, James C.; THRELFALL, Caragh G. e LATTY, Tanya. Bee-friendly community gardens: Impact of environmental variables on the richness and abundance of exotic and native bees. **Urban Ecosystems**, v. 20, pp. 463-476, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11252-016-0607-4>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- MANES, Christopher. **Green Rage: Radical Environmentalism and the Unmaking of Civilization**. Nova York/EUA: Little, Brown & Co., 1991. 291 p
- MARTINS, Gilberto *et al.* Incentivo para o plantio de árvores nativas em áreas urbanas para proliferação de abelhas sem ferrão. **Acta Apícola Brasilica**, v. 3, n. 2, especial, pp. 1-9, dez., 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18378/aab.v3i2.3449>>. Última visita: 16 jan. 2021.
- MATHEWS, Freya. Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry. **Organization & Environment**. v. 24, n. 4, pp. 364-387, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1086026611425689>>. Última visita: 14 jan. 2021.
- MCCURDY, Nina; DYKES, Jason e MEYER, Miriah. Action Design Research and Visualization Design. In: **Proceedings of the Sixth Workshop on Beyond Time and Errors on Novel Evaluation Methods for Visualization**. Association for Computing Machinery, Nova York/EUA, pp. 10-18, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2993901.2993916>> Última visita: 13 jan. 2021.
- MCDONALD, Garry W. e PATTERSON, Murray G. Bridging the divide in urban sustainability: from human exemptionalism to the new ecological paradigm. **Urban Ecosyst**, v. 10, n. 2, pp. 169-192, jun. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11252-006-0017-0>> Última visita: 15 jan. 2021.
- MELO, Gabriel A. R. *et al.* **Catálogo de Abelhas Moure**, online, edição 2011. Disponível em: <<http://moure.cria.org.br/>>. Última visita: 19 jan. 2021.
- MILARÉ, Édís e COIMBRA, José de A. Antropocentrismo vs. Ecocentrismo na Ciência Jurídica. **Revista de Direito Ambiental**, n. 36, pp. 9-42, out-dez. 2004. Disponível em:

- <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/anexos/26839-26841-1-PB.pdf>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- MILLER, James R. e HOBBS, Richard J. Conservation where people live and work. **Conservation Biology**, v. 16, n. 2, pp. 330-337, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00420.x>> Última visita: 15 jan. 2021.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Conservação de Espécies: Fauna Ameaçada**, 2018. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/biodiversidade/conservacao-de-especies/fauna-ameacada.html>>. Última visita: 15 ago. 2019.
- MORAIS, Eliana M. B. Evolução epistemológica do conceito de natureza. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia/GO: Universidade Federal de Goiás, v. 19, n. 2, pp. 75-98, jul./dez. 1999. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/15365/9421>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- NAESS, Arne e SESSIONS, George. **The Deep Ecology Platform**, online, 1984. Disponível em: <<http://www.deepecology.org/platform.htm>>. Última visita: 14 jan. 2021.
- NASCIMENTO, Ana C. S. *et al.* **Sociobiodiversidade da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã (1998-2018): 20 anos de pesquisas**. Tefé, AM: IDSM, 2019. 352 p. Disponível em: <<https://www.mamiraua.org.br/documentos/1a8fb464341de84156fef2c2eb778be3.pdf>>. Última visita: 19 jan. 2021.
- NAESS, Arne. The shallow and the deep, long-range ecology movement. **Inquiry**, v. 16, pp. 95-100, 1973.
- NOGUEIRA-NETO, Paulo. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo/SP: Nogueirapis, 1997. 445 p
- NUCCI, João C. Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. **Revista Eletrônica Geografar**, Curitiba/PR: Universidade Federal do Paraná, v. 2, n. 1, pp. 77-99, jan.-jun. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/geografar.v2i1.7722>>. Última visita: 16 jan. 2021.
- OLIVEIRA, Márcio L. e CUNHA, Jorge A. Abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta amazônica? **Acta Amazônica**, Manaus/AM, v. 35, n. 3, pp. 389-394, set. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000300013>>. Última visita: 16 jan. 2021.
- OLIVEIRA, Joelma Souza Passos de. **Introdução ao Método Delphi**. Curitiba/PR: Mundo Material, 2008. 16 p. Disponível em: <http://eprints.rclis.org/12888/1/cartilha_delphi_digital.pdf>. Última visita: 16 jan. 2021.
- OLIVEIRA, Francisco P.; ABSY, Maria L. e MIRANDA, Izildinha S. Recurso polínico coletado por abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponinae) em um fragmento de floresta na região de Manaus – Amazonas. **Acta Amazônica**, Manaus/AM, v. 39, n. 3, pp. 505-518, set. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000300004>>. Última visita: 19 jan. 2021.
- OLIVEIRA, Favízia F. de *et al.* **Guia Ilustrado das Abelhas “Sem-Ferrão” das Reservas Amanã e Mamirauá, Brasil**. Tefé/AM: IDSM, 2013. 267 p. Disponível em: <<https://www.mamiraua.org.br/documentos/99844a6c6d3aac755a491410560e9271.pdf>>. Última visita: 16 jan. 2021.

- ONU, Organização das Nações Unidas. **Our Common Future**, 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Última visita: 13 jan. 2021.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **State of the World's Cities 2008/2009: Harmonious Cities**. Publicado por Earthscan para o United Nations Human Settlements Programme, Londres/Inglaterra, 2008. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> >. Última visita: 14 jan. 2021.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Paris Agreement**. Framework Convention on Climate Change. Conference of the Parties 21 Session, Paris/França, 30 nov. a 11 dez, 2015. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> >. Última visita: 13 jan. 2021.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Global Biodiversity Outlook 5**. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal/Canadá, 2020. Disponível em: <https://www.cbd.int/gbo5>. Última visita: 13 jan. 2021.
- ORACLE. **IoT Intelligent Applications**. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/internet-of-things/>. Última visita: 16 jan. 2021.
- PADOVANI, Stephania. **Se eu fosse uma abelhinha... Um olhar das crianças sobre as abelhas nativas**. Curitiba/PR: Insight, 2019. 159 p. Disponível em: <https://editorainsight.com.br/pedido2525>. Última visita: 13 jan. 2021.
- PADUA, José A. As bases teóricas da história ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, pp. 81-101, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100009>. Última visita: 13 jan. 2021.
- PÁDUA, José A. **Um sopro de destruição: pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravista, 1786-1888**. Rio de Janeiro/RJ: Jorge Zahar, 2002. 502 p
- PALUMBO, Hermes N. **Nossas Brasileirinhas - As abelhas nativas**. Curitiba, 2015. 72 p
- PANIZZI, Antônio R. e PARRA, José R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. E-book. Brasília/DF: Embrapa, 2013.
- PARANÁ, Lei nº 19.152 de 2 de outubro de 2017. **Dispõe sobre a criação, o manejo, o comércio e o transporte de abelhas sociais nativas (meliponíneos)**. Curitiba/PR, 2017. Disponível em: http://portal.alep.pr.gov.br/modules/mod_legislativo_arquivo/mod_legislativo_arquivo.php?leiCod=51021&tipo=L&tlei=0. Última visita: 15 Set. 2020.
- PARKER, Sophie S. Incorporating critical elements of city distinctiveness into urban biodiversity conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, pp. 683-700, nov. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-014-0832-1>. Última visita: 13 jan. 2021.
- PEREIRA, Fábila M. Abelhas sem ferrão, a importância da preservação. **Página Rural**, online, set. 2005. Disponível em: <https://www.paginarural.com.br/artigo/1185/abelhas-sem-ferrao-a-importancia-da-preservacao>. Última visita: 15 jan. 2021.
- PERRONE, Sabine T. e MALFROY, Sam. BeeForce Australia Part I. **Bee World**, v. 91, pp. 36-37, fev. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/0005772X.2014.11417591>. Última visita: 16 jan. 2021.

- PIGUET, Etienne. From “Primitive Migration” to “Climate Refugees”: The Curious Fate of the Natural Environment in Migration Studies. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 103, pp. 148-162, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00045608.2012.696233>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- PLEASANTS, John M. e OBERHAUSER, Karen S. Milkweed loss in agricultural fields because of herbicide use: effect on the monarch butterfly population. **Insect Conservation and Diversity**, v. 6, n. 2, pp. 135-144, mar. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00196.x>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- PLUMWOOD, Val. **Feminism and the Mastery of Nature**. Londres/Inglaterra: Routledge, 2003. 230 p
- POTTER, Andrew e LEBUHN, Gretchen. Pollination service to urban agriculture in San Francisco, CA. **Urban Ecosyst**, v. 18, pp. 885-893, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11252-015-0435-y>>. Última visita: 15 jan. 2021.
- PRESTON, Jesse L. e SHIN, Faith. Anthropocentric Biases in Teleological Thinking: How Nature Seems Designed for Humans. **Journal of Experimental Psychology: General**. Advance online publication, set. 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1037/xge0000981>>. Última visita: 14 jan. 2021.
- RAMOS, Juliana M. e CARVALHO, Naiara C. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.6, n.10, ago. 2007. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/h4KxXMNL19aDCab_2013-4-26-15-37-3.pdf>. Última visita: 16 jan. 2021.
- RASMUSSEN, Claus e CAMERON, Sydney A. A molecular phylogeny of the Old World stingless bees (*Hymenoptera: Apidae: Meliponini*) and the non-monophyly of the large genus *Trigona*. **Systematic Entomology**, v. 32, pp. 26-39, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2006.00362.x>>. Última visita: 19 jan. 2021.
- REILLY, James R. *et al.* Crop production in the USA is frequently limited by a lack of pollinators. **Proceedings of Royal Society B**, v. 287(1931), jul. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0922>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- ROSENZWEIG, Michael L. **Win-win ecology: how Earth's species can survive in the midst of human enterprise**. Nova York/EUA: Oxford University Press, 2003. 211 p
- SAMPAIO, Cláudio P. *et al.* **Dimensão Ambiental do Design**. Curitiba/PR: Insight, 2018. 183 p. Disponível em: <<https://editorainsight.com.br/pedido2211>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- SANTOS, Aguinaldo dos. Níveis de Maturidade do Design Sustentável na Dimensão Ambiental. pp. 13-26. *In*: MORAES, Dijon de; KRUCKEN, Lia. **Cadernos de Estudos Avançados em Design - Sustentabilidade I**. Barbacena/MG: EdUEMG, 2009. 108 p
- SANTOS, Aguinaldo dos. **Seleção do Método de Pesquisa: Guia Para Pós-Graduandos em Design e Áreas Afins**. Curitiba/PR: Insight, 2018. 230 p
- SAVASTANO, Marco *et al.* Contextual Impacts on Industrial Processes Brought by the Digital Transformation of Manufacturing: A Systematic Review. **Sustainability**, v. 11(3), n. 891, fev. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/su11030891>>. Última visita: 16 jan. 2021.
- SILVA, Wagner P.; PAZ, Jocilene R. L. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. **Natureza on line**, v. 10, n. 3, pp. 146-152, 2012. Disponível em:

- http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/09_Silva_Paz_146152.pdf.
Última visita: 15 jan. 2021.
- SILVA, Cleyton M.; ARBILLA, Graciela e SOARES, Ricardo. Radionuclídeos como marcadores de um novo tempo: o antropoceno. **Química Nova**, v. 43, n. 4, pp. 506-514, abr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170503>. Última visita: 15 jan. 2021.
- SILVEIRA, Fernando A.; MELO, Gabriel A. R. e ALMEIDA, Eduardo A. B. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. Belo Horizonte/MG, 253p., 2002.
- SODHI, Navjot S. *et al.* Southeast Asian biodiversity: an impending disaster. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19(12), pp. 654-660, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.006>. Última visita: 15 jan. 2021.
- THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. 18ª ed. São Paulo/SP: Cortez, 2011. 136 p
- THOMAS, Vanessa; REMY, Christian e BATES, Oliver. The Limits of HCD: Reimagining the Anthropocentricity of ISO 9241-210. In: **Proceedings of LIMITS**, 17, Santa Barbara - USA., pp. 85-92, jun. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1145/3080556.3080561>. Última visita: 14 jan. 2021.
- TNC, The Nature Conservancy. **Nature in the Urban Century**, online, 2018. Disponível em: https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/TNC_NatureintheUrbanCentury_FullReport.pdf. Última visita: 15 jan. 2021.
- TONKINWISE, Cameron. Sustainability is not a Humanism. **Design Philosophy Papers**, v. 7, n. 1, 2009.
- TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo/SP, v. 31, n. 3, pp. 443-466, set./dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf>. Última visita: 21 set. 2019.
- TYSON, Neil D. **Origens: catorze bilhões de anos de evolução cósmica**. São Paulo/SP: Editora Planeta do Brasil, 2015. Trad. de Rosaura Eichenberg. *Origins: Fourteen billion years of cosmic evolution*. Nova York/EUA: Norton, W. W. & Company Inc., 2004. 359 p
- VAISHNAVI, Vijav, KUECHLER, Willian e PETTER, Stacie. **Design Science Research in Information Systems**, online. Edição 2004/19, 62p., atualizado em jun. 2019, primeira publicação em jan. 2004. Disponível em: <http://desrist.org/desrist/content/design-science-research-in-information-systems.pdf> Última visita: 16 jan. 2021.
- VALERA, Luca. Posthumanism: Beyond Humanis? **Cuadernos de Bioética**, Madrid/Espanha, v. XXV, n. 3, pp. 481-491, set. a dez. 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/875/87535786012.pdf>. Última visita: 13 jan. 2021.
- VANPATTER, Garry K. e PASTOR, Elizabeth. **Next Design Geographies: Understanding Design Thinking 1, 2, 3, 4.**, online, 2011. Disponível em: https://issuu.com/nextd/docs/nextdfutures2011_v02. Última visita: 13 jan. 2021.
- VASQUEZ, Rolando. Precedence, Earth and the Anthropocene: Decolonizing Design. **Design Philosophy Papers**, v. 15, n. 1, pp. 77-91, 02 jan. 2017.
- VELTHUIS, Hayo H. W. **Biologia das abelhas sem ferrão**. 100ª Apimondia - Antverpia. São Paulo/SP: USP, 1997. 33 p

- VENTURIERI, Giorgio C. **Criação de Abelhas Indígenas**. 2 ed. Belém/PA: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2008. 62 p
- VESELOVA, Emīlija e GAZIULUSOY, İdil. Implications of the Bioinclusive Ethic on Collaborative and Participatory Design. **The Design Journal**, v. 22, n. 1, pp. 1571-1586, mai. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14606925.2019.1594992>> Última visita: 16 jan. 2021.
- VILLAS-BÔAS, Jerônimo. **Manual Tecnológico: Mel de Abelhas sem Ferrão**. Brasília/DF: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2012. 96 p. Disponível em: <<https://www.semabelhasemalimento.com.br/wp-content/uploads/2015/02/Manual-Tecnico-Mel-de-Abelhas-sem-Ferrao.pdf>> Última visita: 17 jan. 2021.
- WALKER, Kent; YU, Xin e ZHANG, Zhou. All for one or all for three: Empirical evidence of paradox theory in the triple-bottom-line. **Journal of Cleaner Production**, v. 275(122881), jul. 2020. 12 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122881>> Última visita: 16 jan. 2021.
- WEF, World Economic Forum. **Digital Transformation Initiative**, online, mai. 2018. Disponível em: <<http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-executive-summary-20180510.pdf>>. Última visita: 15 jan. 2021.
- WINFREE, Rachael; GRISWOLD, Terry e KREMEN, Claire. Effect of Human Disturbance on Bee Communities in a Forested Ecosystem. **Conservation biology**, pp. 213-223, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00574.x>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- WWF, World Wildlife Fund. **Living Planet Report 2018: Aiming Higher**, online, 2018. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/wwfassets/downloads/lpr2018_full_report_spreads.pdf>. Última visita: 13 jan. 2021.
- WWF, World Wildlife Fund. **Relatório Planeta Vivo 2020**, online, 2020. Disponível em: <<https://livingplanet.panda.org/pt-br/>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248 p
- ZALASIEWICZ, Jan *et al.* The New World of the Anthropocene. **Environmental Science & Technology**, v. 44, n. 7, pp. 2228-2231, fev. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/es903118j>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- ZHANG, Shuo e LI, Yingzi. Modeling and Simulation Study of Two-Phase Collaborative Behaviors Oriented to Open Source Design Process. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2018(9347109), set. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1155/2018/9347109>>. Última visita: 13 fev. 2021.
- ZIMMERMAN, Michael E. The critique of natural rights and the search for a non-anthropocentric basis for moral behavior. **The Journal of Value Inquiry**, v. 19, pp. 43-53, 1985. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF00151415>>. Última visita: 13 jan. 2021.
- ZINN, Jeans O. Living in the Anthropocene: towards a risk-taking society. **Environmental Sociology**, v. 2, n. 4, pp. 385-394, out. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/23251042.2016.1233605>>. Última visita: 13 jan. 2021.

SIGLAS

3BL: três dimensões da sustentabilidade (*triple botton line*)

ACI: Interação Animal Computador (*Animal-Computer Interaction*)

ADR: *Action Design Research*

C&PD: Design Colaborativo e Participativo (*Collaborative & Participatory Design*)

COVs: compostos orgânicos voláteis

Dfs: Design para a Sustentabilidade (*Design for Sustainability*)

DSR: *Design Science Research*

GBO-5: Quinto Relatório Panorama da Biodiversidade Global (*Global Biodiversity Outlook 5*)

HCD: Design Centrado no ser Humano (*Human-Centered Design*)

IIT: Instituto Indiano de Tecnologia (*Indian Institutes of Technology*)

IOM: Organização Internacional para as Migrações (*International Organization for Migration*)

IoT: Internet das Coisas (*Internet of Things*)

IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)

ISO: nome (precedido de um número) dado às normas estabelecidas pela Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization*)

ONU: Organização das Nações Unidas

OOO: Ontologia Orientada a Objetos (*Objetc Oriented Ontology*)

PLA: ácido polilático ou políácido láctico

RPI: Índice de Permeabilidade de Rodovias (*Road Permeability Index*)

SID: Design de Interação Sustentável (*Sustainable Interaction Design*)

SR1.5°C: Relatório Especial 1,5°C (*Special Report on Global Warming of 1.5°C*)

WEF: Fórum Econômico Mundial (*World Economic Forum*)

WWF: *World Wildlife Found*

GLOSSÁRIO

apicultura: atividade de criação e manejo de colônias de abelhas do gênero *Apis*.

***Apis mellifera*:** espécie de abelhas popularmente conhecido como abelha europeia, empregada na apicultura, pertencente à família Apidae, possui ferrão funcional.

conatividade: vontade com a qual todos se esforçam para permanecer existindo.

devenir: fluxo permanente, movimento ininterrupto, atuante como uma lei geral do universo, que dissolve, cria e transforma todas as realidades existentes; devenir, vir a ser (HOUAISS, 2009).

***hominis urbanus*:** ser humano da cidade que pouco ou nada se relaciona diretamente com a natureza.

Melipona: o único gênero de abelhas pertencente à tribo Meliponíneos,

meliponicultura: atividade de criação e manejo de colônias de abelhas da subfamília Meliponíneos.

Meliponíneos: uma subfamília de abelhas pertencente à família Apidae, possuem o ferrão atrofiado.

Meliponini: uma tribo pertencente à subfamília Meliponíneos.

metalófito: seres vivos que metabolizam metais do ambiente.

mockups: modelo volumétrico de um objeto em criação.

télos: ponto ou estado de caráter atrativo ou concludente para o qual se move uma realidade; finalidade, objetivo, alvo, destino.

***Tetragonisca angustula angustula*:** é o uma espécie de abelhas pertencente à tribo Trigonini.

***Tetragonisca*:** um dos gêneros de abelhas pertencente à tribo Trigonini.

trade-off: termo empregado para situações em que a opção por algo implica na cessão de algo, ou aceite de uma desvantagem; perde-ganha.

Trigonini: uma tribo de abelhas pertencente à subfamília Meliponíneos.

ANEXO I

Taxonomia de algumas espécies de abelhas nativas, europeia e africana em relação a taxonomia da espécie humana.

TÁXON (CLASSIFICAÇÃO)	ABELHA JATAÍ	ABELHA IRAÍ	ABELHA URUÇU- DO-CHÃO	ABELHA MANDAÇAIA	ABELHA EUROPÉIA	ABELHA AFRICANA	SER HUMANO
DOMÍNIO	EUKARYOTA, EUCARIONTES						
REINO	ANIMALIA, ANIMAL						
SUBREINO	EUMETAZOA, EUMETAZOÁRIOS						
INFRARREINO	BILATERIA						
SUPERFILO	PROTOSTOMIA, PROTOSTÔMIOS						DEUTEROSTOMIA, DEUTEROSTÔMIOS
FILO	ARTHROPODA, ARTRÓPODES						CHORDATA, CORDADOS
SUBFILO	HEXAPODA						VERTEBRATA, VERTEBRADOS
INFRIFILO	-						GNATOSTOMADOS
SUPERCLASSE	-						TETRAPODA
CLASSE	INSECTA, INSETOS						MAMMALIA, MAMÍFEROS
SUBCLASSE	PTERYGOTA, PTERIGOTOS						THERIA
INFRACLASSE	NEOPTERA						EUTHERIA
PARVCLASSE	-						EXAFROPLACENTALIA
SUPERORDEM	ENDOPTERYGOTA, HOLOMETABOLA						EUARCHONTOGLIRES
ORDEM	HYMENOPTERA, HIMENÓPTEROS						PRIMATAS
SUBORDEM	APOCRITA						HAPLORRHINI, HAPLORRINOS
INFRAORDEM	ACULEATA						SIMIIFORMES
PARVORDEM	-						CATARRHINI
SUPERFAMÍLIA	APOIDEA, APÓIDEOS						HOMINOIDEA, HOMINÓIDEOS
FAMÍLIA	APIDAE, APÍDEOS						HOMINIDAE, HOMINÍDEOS
SUBFAMÍLIA	MELIPONINAE, MELIPONÍNEOS				APINAE, APÍNEOS		HOMININAE, HOMINÍNEOS
TRIBO	TRIGONINI		MELIPONINI		APINI		HOMININI
SUBTRIBO	-		-		-		HOMININA
GÊNERO	TETRAGONISCA	NANNOTRIGONA	MELIPONA		APIS		HOMO
SUBGÊNERO	-	-	MELIKERRIA	MELIPONA	-		-
ESPÉCIE	<i>T. angustula</i>	<i>N. testaceicornis</i>	<i>M. (Melikerria) quinquefasciata</i>	<i>M. (Melipona) quadrifasciata</i>	<i>A. mellifera</i>		<i>H. sapiens</i>
SUBESPÉCIE	<i>T. a. angustula</i>	-	-	-	<i>A. m. mellifera</i>	<i>A. m. scutellata</i>	<i>H. s. sapiens</i>

QUADRO I. Elaborado pelo autor, com base em Maddison e Schulz (2007), Rasmussen e Cameron (2007), Oliveira et al. (2009) Melo (2011), Oliveira (2013) e Nascimento et al. (2019)